



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO DE ALTOS ESTUDOS AMAZÔNICOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO
TRÓPICO ÚMIDO

NICOLA SAVERIO HOLANDA TANCREDI

TRAJETÓRIAS TECNOLÓGICAS E SISTEMAS AGRÁRIOS: qualificação territorial
utilizando geoprocessamento em Paragominas e Santarém/PA

Belém
2014

NICOLA SAVERIO HOLANDA TANCREDI

**TRAJETÓRIAS TECNOLÓGICAS E SISTEMAS AGRÁRIOS: qualificação territorial
utilizando geoprocessamento em Paragominas e Santarém/PA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido (PPGDSTU), do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA) como requisito obrigatório à obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido.

Orientador: Prof. Francisco de Assis Costa

Belém
2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca do NAEA/UFPA

Tancredi, Nicola Saverio Holanda

Trajatórias tecnológicas e sistemas Agrários: qualificação territorial utilizando geoprocessamento em Paragominas e Santarém/PA / Nicola Saverio Holanda; orientador, Francisco de Assis Costa. – 2014.

269 f. : il. ; 29 cm

Inclui bibliografias

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido, Belém, 2014.

1. Economia agrícola - Paragominas (PA). 2. Economia agrícola - Santarém (PA).
3. Geotecnologia ambiental – Paragominas (PA). 4. Geotecnologia ambiental –Santarém (PA). 5. Desmatamento – sensoriamento remoto - Paragominas (PA). 6. Desmatamento – sensoriamento remoto - Santarém (PA). I. Costa, Francisco de Assis, orientador.
II. Título.

CDD 22. 338.9811

NICOLA SAVERIO HOLANDA TANCREDI

TRAJETÓRIAS TECNOLÓGICAS E SISTEMAS AGRÁRIOS: qualificação territorial
utilizando geoprocessamento em Paragominas e Santarém/PA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido (PPGDSTU), do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA) como requisito obrigatório à obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Francisco de Assis Costa
Orientador - PPGDSTU/NAEA/UFPA

Prof. Dr. Danilo Araújo Fernandes
Examinador interno – PPGDSTU/NAEA/UFPA

Prof. Dr. Luis Eduardo Aragon Vaca
Examinador interno – PPGDSTU/NAEA/UFPA

Prof. Dr. Tony Carlos Dias da Costa
Examinador externo – PPGDEAM/NUMA/UFPA

Prof. Dr. Ricardo Bruno Nascimento dos Santos
Examinador externo – PPGE/ICSA/UFPA

Primeiramente agradeço a Deus, e dedico este trabalho à minha esposa Gilmara Tancredi, meus pais Nicola Tancredi e Maria de Fátima (*in memoriam*), meus irmãos Ana Alzira, Giuseppe Antonio e Nicolas Alves, meus tios Ana, Antonio, Catarina e Lucrecia Tancredi, o restante de minha querida e amada família e a todos os meus amigos.

AGRADECIMENTOS

Muitos foram os que direta e indiretamente colaboraram para a conclusão desta Tese de Doutorado. Aos meus familiares, pai, mãe, irmãos, tios e primos, que sempre me acolheram e me apoiaram nos meus objetivos. À Gilmara Tancredi, pelo total apoio e companheirismo nesta importante caminhada.

Ao meu tio e professor Dr. Antonio Carlos Tancredi, que sempre me auxiliou, mais uma vez obrigado por tudo.

Um agradecimento todo especial ao meu orientador prof. Francisco de Assis Costa que acompanhou todos os passos da execução deste trabalho inovador e toda equipe do DADESA, Aluyzio, Danilo, Karen, Fernanda, Zíngara, Feijão, Ricardo, Sol, Alencar, Inailde, Carmem, entre outros.

Aos órgãos e sindicatos que contribuíram para a elaboração deste, especialmente aos responsáveis pelo apoio financeiro: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – Biodiversidade e Uso da Terra na Amazônia (CNPq574008/2008-0), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa (SEG02.08.06.005.00), Governo britânico: *Darwin Initiative* (17-023), *TNC-The Nature Conservancy*, e *Natural Environment Research Council* (NERC) (NE/F01614X/1 e NE/G000816/1). Agradeço também os sindicatos rurais de Santarém, Belterra e Paragominas, e todos os produtores rurais das regiões de estudo pelo seu apoio a pesquisa. Aos colegas do Projeto Rede Amazônia Sustentável Toby, Joice, Luke, Jos, Karen, Carla, Karol, Thiago, Emilie, Driss e Sérgio, que tiveram participação decisiva no compartilhamento dos dados, discussões e experiências.

Ao Gerente Regional, Carlos Alberto Freitas e aos Coordenadores Operacionais Jaci Saraiva e Eduardo Santos, do SIPAM/Centro Regional de Belém, que apoiaram integralmente a execução deste trabalho. Aos colegas do SIPAM Jake, Altieri, Rolim, Márcio, Raphael, Eristelma, Edinéia, Gabriella, Luiz Fernando, Marcos Fuckner, Lincoln, Sérgio, Áderson, Alen, Bruno, Ulisses, Cacella, Carlos Eduardo, Jamer, Gustavo, Larissa, Isa, Érika, Jorge, que interagiram comigo ao longo dos 4 anos.

À Profa. Ana Paula, Adriana, Talita e Luciana Soler, do INPE/SJC, muito obrigado.

Aos doutorandos e doutores da Turma 2010 PPGDSTU/NAEA/UFPA pela convivência nas disciplinas obrigatórias que foi muito importante para a concretização desta Tese.

RESUMO

A Amazônia tem sido observada principalmente por meio do fenômeno do desmatamento, utilizando recursos tradicionais do sensoriamento remoto como a quantificação de área desflorestada e seu posterior incremento anual, que parece se constituir em uma metodologia eficaz. Ratificando este raciocínio, constatei num levantamento de 16.591 multas aplicadas pelo IBAMA/PA no período de 2000 até 2008, que mais de 85,0% das autuações estavam relacionadas apenas à componente flora; e na jurisdição da Gerência do IBAMA em Santarém, oeste do Pará, em 2008, quase 60% das multas se deu por conta de desflorestamento, identificados via sensoriamento remoto. Ressalta-se que as análises de imagens de satélites por si só não definem elementos da superfície terrestre, contribuindo pouco para o entendimento e posterior intervenção da realidade. Nesse contexto, foram investigados e vetorizados 479 estabelecimentos rurais nas regiões de Paragominas e Santarém, estado do Pará, que possuem históricos de uso e ocupação distintos, qualificando-os segundo suas trajetórias tecnológicas prevalentes, na perspectiva apresentada por Costa, concretizando um importante passo para correção das distorções no desenvolvimento econômico, agregando informação ao dado de sensoriamento remoto. Aplicaram-se recursos geotecnológicos de métricas de paisagem, construíram-se banco de dados celular integrado com estatísticas e algoritmos de otimização probabilística, associando dados de classificação não supervisionada *isodata* (validadas com $kappa= 0,87$, classificação considerada “excelente”) com os tipos de produção coletados em campo, gerando uma classificação final “integrada” ($kappa= 0,78$, classificação “muito boa”). Na região de Paragominas, foram qualificadas 3 tipos de trajetórias tecnológicas, a camponesa T8 (domínio de culturas temporárias), a camponesa T3 e patronal T4 (especializadas em pecuária de corte). Em Santarém, revelaram-se 2 trajetórias, a camponesa T2 (forte presença de culturas permanentes, temporárias e sistemas agro florestais) e a patronal T7 (mutação da T4, aumentando a participação das culturas temporárias). A metodologia aplicada logrou êxito, espacializando as propriedades rurais segundo seus tipos de trajetórias tecnológicas e gerando classes de uso mais representativas, como cultura temporária e pastagem, mas que na classificação via sensoriamento remoto *isodata* é englobada pela classe “agropecuária”, possibilitando uma visão mais realista das atividades de produção desenvolvidas na área investigada, concretizando a geração de informações espaciais integrando dados de diferentes fontes e o aumento do poder de leitura do *pixel*.

Palavras-chave: Trajetória Tecnológica. Geotecnologia. Paragominas. Santarém.

ABSTRACT

The Amazon has been observed mainly through the deforestation phenomenon, using traditional resources from remote sensing as quantification of deforested area and its subsequent annual increasing, which sounds to be an effective methodology. Confirming this argument, I noted in a survey with 16.591 environmental fees applied by IBAMA/PA in the period 2000 to 2008, that more than 85,0% were related with biodiversity (flora), and specifically in the year of 2008 at the jurisdiction of IBAMA Santarém (west of Pará), almost 60% of fees had linkage with deforestation, identified by remote sensing. Analysis using only satellite images are not enough to identify elements of surface, with a poor contribution to the understanding and intervention of reality. It were interviewed and vectorized 479 rural properties in the region of Paragominas and Santarém, state of Pará, which have historical land use distinguished, qualifying them by technological trajectories in the Costa's sense, correcting distortions of economic development, aggregating information at remote sensing data. It was applied geotechnologic resources of landscape metrics and were built a cell database integrated with statistics and algorithms of probabilistic optimization, associating classification non supervised isodata (validated with kappa index = 0,87, considered "excellent") with production types collected in the field, generating an integrated classification (kappa index = 0,78, considered "very good"). In Paragominas were qualified 3 different types of technological trajectories, trajectory peasant.T8 (dominated by temporary culture), peasant.T3 and employer.T4 (specialized in beef cattle). In the region of Santarém, appeared trajectory peasant.T2 (high presence of permanent and temporary culture and agro forestry systems) and employer.T7 (mutation of T4, enhancing the participation of temporary cultures). The methodology was considered successful, spatializing rural properties by technological trajectories and generating land use classes more adequated, as temporary culture and pasture, but in the isodata classification was only "agropecuary", resulting a more realistic view of production activities developed in the investigated area, materializing the generation of spatial information by integrating data from different sources and increasing the capability of pixel analysis.

Keywords: Technological Trajectory. Geotechnology. Paragominas. Santarém.

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Desflorestamento das bacias hidrográficas na região de Paragominas/PA..	28
Mapa 2 - Desflorestamento das bacias hidrográficas na região de Santarém/PA	28
Mapa 3 – Espacialização das sedes das propriedades entrevistadas, região de Santarém-PA.....	40
Mapa 4 – Localização de Paragominas/PA.....	86
Mapa 5 – Localização das bacias hidrográficas de estudo na região de Paragominas /PA	91
Mapa 6 – Localização dos municípios Belterra e Santarém/PA	100
Mapa 7 – Localização das bacias hidrográficas de estudo na região de Santarém/PA	107
Mapa 8 – Espacialização das propriedades entrevistadas na região de Santarém/PA.	127
Mapa 9 – Espacialização das propriedades entrevistadas na região de Paragominas/PA	128
Mapa 10 – Propriedades espacializadas de Paragominas/PA, segundo sua combinação de grupo de produtos.	154
Mapa 11 – Propriedades espacializadas de Santarém/PA, segundo sua combinação de grupo de produtos	158

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Módulo 1 do questionário destacando as coordenadas projetadas	41
Figura 2 – Mapeamento do Módulo 2 em estabelecimento rural na região de Paragominas/PA	42
Figura 3 – Mapeamento do Módulo 2 em estabelecimento rural na região de Santarém/PA	42
Figura 4 – Menu principal do ENVI 4.6.1	44
Figura 5 – Caixa de diálogos dos parâmetros de classificação isodata.....	44
Figura 6 – Passos para habilitar o aplicativo <i>ClassEdit</i>	45
Figura 7 – Seleção da imagem de entrada e resultado de Classificação	45
Figura 8 – Tela de apresentação do <i>ClassEdit</i>	46
Figura 9 – Janela de modo de exibição de Classes	47
Figura 10 – Conversão de raster para vetor.....	48
Figura 11 – Janela “Raster to Vector Input Band”	48
Figura 12 – Procedimento para cálculo de áreas no programa ArcGis 9.3.1	49
Figura 13 – Órbitas-ponto das áreas investigadas	52
Figura 14 – Trajetórias Tecnológicas das mesorregiões do estado do Pará.....	59
Figura 15 – Espectro eletromagnético com destaque para a faixa do visível.....	62
Figura 16 – Representação dos Planos de Informação	71
Figura 17 – Exemplo de dado matricial	73
Figura 18 – Exemplo de representação vetorial	73
Figura 19 – Criação de células a partir de polígono	75
Figura 20 – O processo de construção de modelos.....	82
Figura 21 – Mapa-Imagem de 9 micro bacias da região de Paragominas/PA (MB 44, 100, 142, 147, 152, 202, 235, 245 e 269), contendo gráficos de evolução de uso e ocupação do solo, no período 1988-2010.....	97
Figura 22 – Mapa-Imagem de 9 micro bacias da região de Paragominas/PA (MB 274, 315, 342, 358, 369, 423, 443, 547 e 549), contendo gráficos de evolução de uso e ocupação do solo, no período 1988-2010.....	98
Figura 23 – Mapa-Imagem de 9 micro bacias da região de Santarém/PA (MB 69, 81, 99, 103, 112, 125, 129, 157 e 160), contendo gráficos de evolução de uso e ocupação do solo, no período 1988-2010.	113
Figura 24 – Mapa-Imagem de 9 micro bacias da região de Santarém/PA (MB 165, 199, 236, 260, 261, 307, 357, 363 e 399), contendo gráficos de evolução de uso e ocupação do solo, no período 1988-2010.	114
Figura 25 – Informações do Módulo 1 (Questionário socioeconômico)	123
Figura 26 – Informações do Módulo 4 (Croqui da propriedade)	124
Figura 27 – Plotagem dos dados no Google Earth	123
Figura 28 – Plotagem dos dados no ArcGIS 9.3.1 (região de Santarém/PA 2010).....	125
Figura 29 – Plotagem dos dados no ArcGIS 9.3.1 (região de Paragominas/PA 2011).....	126
Figura 30 – SPSS: Ordenamento dos casos por filtro.....	146
Figura 31 – Interface de aplicação de análise fatorial.....	147
Figura 32 – Recorte das cenas de satélite de Santarém e Paragominas/PA	164
Figura 33 – Mosaico das classes de uso do solo utilizadas na classificação isodata... ..	164
Figura 34 – Estruturação do BD Celular no TerraView	182
Figura 35 – Linhas de comando para conexão ao BD <i>MySQL</i>	183
Figura 36 – Linhas de comando para conexão ao BD <i>MySQL</i>	184
Figura 37 – Seleção randômica das combinações de grupos de produtos no ArcGIS.	185

Figura 38 – Procedimento de construção dos planos celulares no <i>Terraview</i> 4.1.0....	186
Figura 39 – Imagens de satélite e classificação isodata da região de Paragominas/PA	192
Figura 40 – Imagens de satélite e classificação isodata da região de Santarém/PA....	193
Figura 41 – Ambiente do Fragstats 4.1 (aba de camadas de entrada do dado)	194
Figura 42 – Aba de processamento para geração das métricas no Fragstats.....	194
Figura 43 – Classificação isodata de Paragominas/PA por combinações de grupo de produtos.....	195
Figura 44 – Classificação isodata de Santarém por combinações de grupo de produtos	195
Figura 45 – Resumo da metodologia de investigação	216
Figura 46 - Mapa comparativo isodata x "integrado" (propriedades patronais), em Paragominas/PA.....	221
Figura 47 - Mapa comparativo isodata x "integrado" (prop. camponesas), em Paragominas/PA.....	222
Figura 48 - Mapa comparativo isodata x "integrado" (propriedades camponesas e patronais), em Santarém/PA.....	224

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Cultura permanente: espécies mais produzidas.....	132
Gráfico 2 – Cultura temporária: espécies mais produzidas.....	132
Gráfico 3 – Pecuária leiteira: produção de queijo, manteiga e leite.....	133
Gráfico 4 – Pecuária de pequenos animais: espécies mais produzidas.....	133
Gráfico 5 – Pecuária de médios animais: produção de caprinos, suínos e ovinos	134
Gráfico 6 – Pecuária de grandes animais: produção de bovinos, bubalinos e equinos	134
Gráfico 7 – Extrativismo madeireiro: espécies florestais mais exploradas.....	135
Gráfico 8 – Extrativismo não madeireiro: espécies não florestais mais exploradas....	135
Gráfico 9 – Horticultura: espécies mais produzidas	136
Gráfico 10 – Mão de obra: quantidade e tipo utilizadas pelos estabelecimentos	137
Gráfico 11 – Equipamentos próprios e benfeitorias: tipos mais utilizados pelos estabelecimentos	138
Gráfico 12 - Produtos veterinários e suplementos alimentares: tipos mais utilizados pelos estabelecimentos	138
Gráfico 13 – Modalidades de remuneração externa nos estabelecimentos entrevista dos.....	140
Gráfico 14 – Tamanho médio das propriedades entrevistadas em PRG, por combinações de grupo de produtos.....	151
Gráfico 15 – Proporção de área total ocupada por cada combinação de grupo de produtos em PRG.....	152
Gráfico 16 – VBP 2009 das combinações dos grupos de produtos de Paragominas/PA (valores em %).	152
Gráfico 17 – Tamanho médio das propriedades de Santarém/PA, por combinações de grupo de produtos.....	155
Gráfico 18 – VBP 2009 médios das combinações de grupos de produtos de Santarém/PA.....	156
Gráfico 19 – Proporção de área total ocupada por cada combinação de grupo de produtos em Santarém/PA.....	156
Gráfico 20 – VBP 2009 das combinações dos grupos de produtos de Santarém (valores em %).	157
Gráfico 21 – Produtividade por área total das propriedades entrevistadas, por combinações de grupos de produtos	159
Gráfico 22 – Relação terra/trabalhador das combinações de grupos de produtos.....	160
Gráfico 23 - Relação terra/trabalhador familiar das combinações de grupos de produtos.....	161
Gráfico 24 – R ² ajustado da regressão linear multivariada (Comb. Grupo de Produtos)	191
Gráfico 25 – R ² ajustado da regressão linear multivariada (Trajetórias Tecnológicas)	191
Gráfico 26 – Categorias dos tamanhos (ha) das classes de uso do solo da combinação camponesa C1.PRG.....	196
Gráfico 27 – Categorias dos tamanhos (ha) das classes de uso do solo da combinação camponesa C2.PRG.....	197
Gráfico 28 – Categorias dos tamanhos (ha) das classes de uso do solo da combinação camponesa C3.PRG.....	197
Gráfico 29 – Categorias dos tamanhos (ha) das classes de uso do solo da combinação patronal C1.PRG.....	198
Gráfico 30 – Categorias dos tamanhos (ha) das classes de uso do solo da combinação	

patronal C2.PRG.....	198
Gráfico 31 – Categorias dos tamanhos (ha) das classes de uso do solo da combinação camponesa C1.STM	199
Gráfico 32 – Categorias dos tamanhos (ha) das classes de uso do solo da combinação camp. C2.STM.....	200
Gráfico 33 – Categorias dos tamanhos (ha) das classes de uso do solo da combinação patronal C1 de Santarém/PA	200
Gráfico 34 – Categorias dos tamanhos (ha) das classes de uso do solo da combinação patronal C2 de Santarém	201
Gráfico 35 – Nr. de manchas por classes de uso do solo das combinações de Paragominas/PA	202
Gráfico 36 – Nr. de manchas por classes de uso do solo das combinações de Santarém/PA.....	202
Gráfico 37 – Nr. de manchas por classes de uso do solo das trajetórias tecnológicas	203
Gráfico 38 – Densidade de bordas por classes de uso do solo das combinações de Paragominas/PA.....	204
Gráfico 39 – Densidade de bordas por classes de uso do solo das combinações de Santarém/PA	204
Gráfico 40 – Densidade de bordas por classes de uso do solo das trajetórias tecnológicas	205
Gráfico 41 – LPI por classes de uso do solo das combinações de Paragominas/PA...	206
Gráfico 42 – LPI por classes de uso do solo das combinações de Santarém/PA	206
Gráfico 43 – LPI por classes de uso do solo das trajetórias tecnológicas.....	207
Gráfico 44 – Índice de retalhamento (SPLIT) da paisagem por combinações de grupos de produtos.....	208
Gráfico 45 – Índice de retalhamento (SPLIT) da paisagem por trajetórias tecnológicas	209
Gráfico 46 – Índice de diversidade modificado de Simpson (MSIDI) da paisagem por comb. de grupos de produção.....	209
Gráfico 47 – Índice de diversidade modificado de Simpson (MSIDI) da paisagem por trajetórias	210
Gráfico 48 – Tamanho efetivo de malha (MESH) da paisagem por combinações de grupos de produtos	211
Gráfico 49 – Tamanho efetivo de malha (MESH) da paisagem por trajetórias tecnológicas	212
Gráfico 50 - Representação (%) das classes de uso isodata e "integrada" por trajetórias tecnológicas de Paragominas/PA	223
Gráfico 51 - Mapa comparativo isodata x "integrado" (propriedades camponesas e patronais), em Santarém/PA.....	225

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 – Exemplos de análise espacial.....	68
Fluxograma 1 - Sistemas de Informação Geográficas.....	70
Quadro 2 – Sumário das operações para matriz e vetores.....	74
Fotografia 1 – Área queimada antes da plantação.....	115
Fotografia 2 – Plantação de cultura temporária.....	116
Fotografia 3 – Atividade de pecuária de médio porte.....	116
Fotografia 4 – Transição entre floresta secundária e área mecanizada.....	117
Fotografia 5 – Ambiente de trabalho da sistematização dos questionários na EMBRAPA/Belém/PA.....	118
Quadro 3 – Cronograma para a região de Santarém/Belterra e Paragominas/PA.....	118
Quadro 4 – Detalhamento dos módulos das entrevistas.....	130
Quadro 5 – Características das imagens utilizadas na classificação isodata.....	163
Quadro 6 - Variáveis independentes no plano celular, seus operadores e categoria ...	180
Quadro 7 – Bases cartográficas e produtos de sensoriamento remoto utilizados.....	180
Quadro 8 – Variáveis independentes utilizadas no plano celular, com seus operadores e categorias.....	186

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Atributos dos grupos de produtos e expectativa quanto às formas respectivas de participação nas trajetórias tecnológicas subjacentes	34
Tabela 2 – Região do espectro x comprimento de onda	62
Tabela 3 – Valores de kappa x qualidade do mapa temático.....	66
Tabela 4 – Características dos satélites da série LANDSAT.....	67
Tabela 5 – Características dos sistemas sensores do LANDSAT.....	67
Tabela 6 – Categorias da análise estrutural-espacial da paisagem e métricas relativas a manchas (<i>patches</i>), categorias (classes) e à paisagem.....	78
Tabela 7 – Resultados do Censo Agropecuário 2006 na região de Paragominas/PA.....	90
Tabela 8 – Características físicas das micro bacias da região de Paragominas/PA.....	93
Tabela 9 – Evolução da Classe de Floresta no período 1988-2010 (Paragominas/PA).....	94
Tabela 10 – Evolução da Classe de Floresta Secundária no período 1988-2010 (Paragominas/PA).....	95
Tabela 11 – Evolução da Classe Não-Floresta no período 1988-2010 (Paragominas/PA)	96
Tabela 12 – Resultados do Censo Agropecuário 2006 na região de Santarém/PA.....	106
Tabela 13 – Características físicas das micro bacias na região de Santarém/PA.....	108
Tabela 14 – Evolução da Classe de Floresta no período 1988-2010 (região de Santarém/PA)	110
Tabela 15 – Evolução das Classes Não-Floresta e Floresta Secundária no período 1988-2010 (região de Santarém/PA).....	111
Tabela 16 – Questionários aplicados na área de estudo.....	120
Tabela 17 – Relação área declarada x área calculada a partir do software SIG.....	121
Tabela 18 - Relação área das propriedades dentro e fora das bacias.....	129
Tabela 19 – Grupos de produção, suas quantidades de espécies e/ou seus derivados e maiores números de ocorrências encontradas	131
Tabela 20 – Custos envolvidos nas atividades de produção e principais ocorrências.....	136
Tabela 21 – Condição familiar dos moradores em relação ao dono(a) e seu quantitativo por faixa etária	139
Tabela 22 – Tipos de remuneração externa descritos e suas principais ocorrências.....	140
Tabelas 23 – Estatísticas por microrregião referente a número de propriedades, valor bruto da produção e área total (valores absolutos e porcentagem).....	144
Tabela 24 – Valores médios de área e VBP 2009 das propriedades entrevistadas em Paragominas e Santarém/PA	145
Tabela 25 – Distribuição geográfica de ocorrência das combinações C de grupos de produtos observada pela distribuição percentual do VBP de Paragominas/PA.....	149
Tabela 26 – Distribuição geográfica de ocorrência das combinações C de grupos de produtos observada pela distribuição percentual do VBP de Santarém.	149
Tabela 27 – Estratos de área por combinação das formas de produção.....	150
Tabela 28 – Índice de densidade institucional das Combinações C de grupos de produtos por microrregiões	162
Tabela 29 – Características das imagens para classificação do uso do solo 2009.....	163
Tabela 30 - Matriz de erros para a classificação isodata das áreas de estudo	165
Tabela 31 – Resultados da classificação de uso do solo isodata 2009 das combinações de grupos de produtos.....	166
Tabela 32 – Características das imagens para classificação do uso do solo 2008.....	166
Tabela 33 – Características das imagens para classificação do uso do solo 2010.....	167

Tabela 34 – Resultados da classificação de uso do solo terra class 2008 das combinações de grupos de produtos.....	167
Tabela 35 – Resultados da classificação de uso do solo terra class 2010 das combinações de grupos de produtos.....	168
Tabela 36 – Tabela resumo de resultados estatísticos de coeficientes e atributos dos grupos de produtos dos modos de produção (região Norte).....	169
Tabela 37 – Tabela resumo de resultados estatísticos de coeficientes e atributos dos grupos de produtos dos modos de produção (Paragominas/PA)	170
Tabela 38 – Tabela resumo de resultados estatísticos de coeficientes e atributos dos grupos de produtos dos modos de produção (Santarém/PA)	171
Tabela 39 – Correlação das cargas fatoriais dos estabelecimentos camponeses.....	175
Tabela 40 – Correlação das cargas fatoriais dos estabelecimentos patronais.....	176
Tabela 41 – Características das trajetórias tecnológicas prevaletentes nos estabelecimentos entrevistados em Paragominas e Santarém.....	177
Tabela 42 – Valores da correlação de Pearson entre as variáveis dependentes e independentes geradas da integração “R” e Terraview (<i>isodata</i>).....	187
Tabela 43 - Coeficientes da regressão linear multivariada stepwise backward das variáveis dependentes e independentes geradas da integração “R” e Terraview (<i>isodata</i>).....	189
Tabela 44 – Índices de estrutura da paisagem das combinações e trajetórias.....	213
Tabela 45 - Matriz composta pixel x estatísticas.....	217
Tabela 46 - Área (ha) das classes provenientes do sensoriamento remoto e das resultantes da integração, por comb. de grupo de produtos e traj. tecnol. (PRG e STM).....	218
Tabela 47 - VBP (R\$) das classes provenientes do sensoriamento remoto e das resultantes da integração, por comb. de grupo de produtos e trajetórias tecnológicas (PRG e STM).....	219
Tabela 48 - Matriz de Erros para a classificação integrada.....	220
Tabela 49 - Matriz de Erros Normalizada para a classificação <i>isodata</i>	226

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A – Área.
AMZ - Amazônia.
API – *Application Programming Interface*.
ATSR – *Along-Track Scanning Radiometer*.
BD - Banco de Dados.
BDC - Banco de Dados Celular.
CA – *Class Area*.
CBERS – Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres.
CC -Custeio de Combustíveis.
CCP -Custeio Conjunto da Propriedade.
CLUE-S – *The Conversion of Land Use and its Effects at Small Regional Extent*.
COH – Grau de Coerência.
CMO -Custeio de Mão de Obra.
CONTAG – *Contagion*.
CPF - Cultura Permanente em Formação.
CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.
C - Custo.
Comb. - Combinação.
CT - Cultura Temporária.
CU - Custeio.
Cred - Crédito.
DBMS – *Database Management System*.
D_d - Densidade de Drenagem.
DEGRAD – Sistema de Monitoramento de Áreas de Florestas Degradadas na AMZ.
DEM – Modelo Digital de Elevação.
Dep- Depreciação.
DESMAT – Desmatamento.
DN – Número Digital.
DOM – Dominância.
DPI – Divisão de Processamento de Imagens.
ED – *Edge Density*.
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
ERT – Estabelecimento Rural do Tapajós.
ERTS – *Earth Resource Technology Satellite*.
ESRI – *Environmental Systems Research Institute*.
ETM+ – *Enhanced Thematic Mapper*.
EVEN – *Eveness*.
FI - Floresta Inexplorada.
FTfam - Força de Trabalho Familiar.
FTT - Força de Trabalho Total.

GOES – *Geostationary Operational Environmental Satellite*.
GPS – Sistema de Posicionamento Global.
HTfam_{eq}- Homem Trabalhador Familiar Equivalente.
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
ICP - Investimento Conjunto da Propriedade.
IEP - Investimento com aquisição de Equipamentos Próprios.
INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária.
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Especiais.
I - Investimento.
K - Kappa.
K_c - Coeficiente de Compacidade.
K_f - Coeficiente de Forma.
LANDSAT – *Land Remote Sensing Satellite*.
LBA – Experimento de Larga Escala na Biosfera Atmosfera na Amazônia.
LPI – *Largest Patch Index*.
MB - Micro Bacia.
METEOSAT – *Meteorological Satellite*.
MF - Manejo Florestal.
MFRACT – *Mean Fractal Dimension*
MO - Mão de Obra.
MPAR – *Mean Perimeter Area Ratio*.
MPE – *Mean Patch Edge*.
MPS – *Mean Patch Size*.
MSI – *Mean Shape Index*.
MSS – *Multispectral Scanner*.
MTfam_{eq}- Mulher Trabalhadora Familiar Equivalente.
N. D. – Não Detectado.
NP – *Number of Patches*.
NOAA – *National Oceanic and Atmospheric Administration*.
Nr_Teq - Número de Trabalhadores Assalariados Equivalente.
OLI - *Operational Land Imager*.
P – *Proportion*.
PD – *Patch Density*.
PDeg - Pasto Degradado.
PDC - Pasto Dominantemente de Corte.
PI – Plano de Informação.
PLAND – *Percentage Landscape*.
Prod. - Produtos.
PRODES – Programa de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal.
PRG - Paragominas.
PSD – *Patch Size Coefficient of Variation*.

PSSD – *Patch Size Standard Deviation*.
PT - Pousio de Temporárias.
R – *Richness*.
RBV – *Return Beam Vidicon*.
RE - Remuneração Externa.
REM- Remuneração.
RL = Renda Líquida.
RMS – *Root Mean Square Error*.
SAF - Sistemas Agro Florestais.
SAR – Radar de Abertura Sintética.
SIG – Sistema de Informação Geográfica.
SIMLAM – Sistema Integrado de Monitoramento e Licenciamento Ambiental.
SIPAM – Sistema de Proteção da Amazônia.
SPLIT – *Splitting Index*.
SPRP – Sindicato dos Produtores Rurais de Paragominas/PA.
SPSS - *Statistical Products and Services Solutions*.
SPVEA – Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia.
SQL – *Structured Query Language*.
SR – Sensoriamento Remoto.
SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission*.
STM - Santarém.
SUB – Subdivisão.
SUDAM – Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia.
SWAT –*Soil and Water Assessment Tool*.
TE – *Total Edge*.
Tfam - Trabalho Familiar.
TIRS - *Thermal Infra red Sensor*.
TM – *Thematic Mapper*.
TNC – *The Nature Conservancy*.
TRE – Tribunal Regional Eleitoral.
TRMM – *Tropical Rainfall Measuring Mission*.
TSE – Tribunal Superior Eleitoral.
UFPR – Universidade Federal do Paraná.
UGGI – União de Geodésia e Geofísica Internacional.
UTM – Universal Transverso de *Mercator*.
VBPR – Valor Bruto da Produção Rural.

SUMÁRIO

1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES.....	20
2 METODOLOGIA E TÉCNICAS INVESTIGATIVAS.....	27
2.1 Coleta de dados sócioeconômicos e desenho ambiental.....	27
2.2 Delimitação das trajetórias tecnológicas.....	32
2.2.1 Sobre a Relevância Social (Macro) dos Grupos de Produtos.....	35
2.2.2 Influência dos Grupos de Produtos na Rentabilidade: sua Relevância Privada.....	36
2.2.3 Influência dos Grupos de Produtos nos Investimentos: Fontes Endógenas e Exógenas.....	37
2.2.4 Interação e atuação institucional de grupos de produtos.....	37
2.2.5 Trajetórias Tecnológicas reveladas.....	38
2.3 Delimitação das propriedades.....	39
2.4 Classificação via sensoriamento remoto.....	43
2.4.1 Classificação não Supervisionada Isodata (Dados Primários).....	43
2.4.2 Projeto <i>TerraClass</i> (Dados Secundários).....	49
3 TRAJETÓRIAS TECNOLÓGICAS.....	53
3.1 Tipos de trajetórias tecnológicas.....	56
3.1.1 Mutação da Trajetória Patronal T4 para T7.....	58
3.1.2 Primeira visão do autor sobre Trajetórias Tecnológicas.....	58
4 FERRAMENTAL GEOTECNOLÓGICO: SENSORIAMENTO REMOTO, SIG, BANCO DE DADOS CELULAR, MÉTRICA DE PAISAGENS E INTEGRAÇÃO DE DADOS.....	61
4.1 Sensoriamento remoto.....	61
4.1.1 Radiação eletromagnética e comportamento espectral dos alvos.....	62
4.1.2 Características das Imagens.....	63
4.1.3 Processamento Digital de Imagens.....	64
4.1.3.1 <i>Correção Geométrica</i>	64
4.1.3.2 <i>Classificação</i>	65
4.1.3.3 <i>Índice de Kappa</i>	65
4.1.3.4 <i>Sistema Landsat</i>	66
4.2 Sistema de Informação Geográfica (SIG).....	68
4.2.1 Espaço geográfico e informação espacial.....	69
4.2.2 Estrutura Geral de um SIG.....	69
4.2.3 Organização de Ambiente de Trabalho em SIG.....	71
4.2.4 Funções dos SIGs.....	71
4.3 Montagem do banco de dados celular.....	72
4.3.1 Operadores para Cálculo dos Atributos.....	72
4.3.2 Integração R e TerraLib.....	74
4.4 Métricas da estrutura da paisagem.....	77
4.5 Integração de dados de produção x sensoriamento remoto (algoritmo de otimização probabilística).....	80
5 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO.....	85
5.1 Município de Paragominas (Região de Paragominas).....	85
5.1.1 Aspectos históricos.....	87

5.1.2 Socioeconomia.....	89
5.1.3 Bacias hidrográficas de Paragominas/PA.....	90
5.1.3.1 <i>Histórico de uso e ocupação do solo (Índice de Conservação Ambiental)</i>	93
5.2 Municípios de Santarém e Belterra (Região de Santarém)	99
5.2.1 Aspectos históricos e econômicos.....	101
5.2.1.1 <i>A imigração nordestina</i>	102
5.2.1.2 <i>Projetos inacabados de desenvolvimento econômico</i>	102
5.2.2 Socioeconomia.....	105
5.2.3 Bacias hidrográficas de Santarém/PA.....	106
5.2.3.1 <i>Histórico de uso e ocupação do Solo (Índice de Conservação Ambiental)</i>	109
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	115
6.1 Coleta de dados sócio-econômicos e desenho ambiental	115
6.2 Espacialização geográfica dos estabelecimentos rurais entrevistados	122
6.3 Estrutura do questionário socio econômico ambiental consolidado e adaptação do banco de dados para qualificação das trajetórias	129
6.3.1 Estatística no SPSS.....	145
6.3.2 Atuação institucional e “Combinações C de Grupos de Produtos”.....	161
6.3.3 Classificação de uso do solo via sensoriamento remoto das Combinações de Grupos de Produtos.....	163
6.3.3.1 <i>Resultados da Classificação Isodata</i>	163
6.3.3.2 <i>Resultados da Classificação TerraClass</i>	166
6.3.4 Estruturas camponesas e patronais da região Norte (Censo Agropecuário 1995-1996) e sua relação com o universo amostral de Paragominas e Santarém (Questionário Socioeconômico Ambiental 2009).....	168
6.4 Aplicações avançadas do ferramental geotecnológico	179
6.4.1 Banco de Dados Celular “Terraview” e Integração com <i>software</i> estatístico R.....	179
6.4.1.1 <i>Variável Estrada</i>	181
6.4.1.2 <i>Variável Hidrografia</i>	181
6.4.1.3 <i>Variável Foco de Calor</i>	181
6.4.1.4 <i>Variável DEGRAD</i>	181
6.4.1.5 <i>Variável Uso do Solo</i>	182
6.4.2 Métricas de paisagem com SIG.....	192
6.4.2.1 <i>Métricas das Combinações de Grupos de Produtos e das Trajetórias Tecnológicas</i>	196
6.4.3 Otimização Probabilística (Integração de Classes).....	215
6.4.4 Índice de Kappa <i>Isodata</i> Normalizado.....	226
7 NOTAS CONCLUSIVAS	228
REFERÊNCIAS	232
ANEXO	242

1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

A dinâmica da economia rural na Amazônia tem sido observada por meio do fenômeno do desmatamento e avaliada basicamente pelos riscos ambientais e pelas desigualdades distributivas a ela associadas, simplificando a realidade socioeconômica ambiental e muitas vezes influenciando no direcionamento da política ambiental.

Nessa perspectiva simplista, o uso de recursos oriundos do sensoriamento remoto a partir de imagens se constitui numa metodologia bastante eficaz. Imagens de satélites aliadas a técnicas de geoprocessamento permitem monitorar bem o desflorestamento, como a quantificação e cálculo do seu incremento anual, e mal o uso posterior da terra, apesar das diferenças de reflectância observadas nas imagens permitirem também a discriminação e mapeamento de classes como: agropecuária, capoeiras (diferentes idades) e floresta, dificilmente indo muito além disso caso não exista trabalho de campo, visto que "agropecuária" pode significar culturas temporárias ou pastagens, por exemplo.

Muitos programas de monitoramento ambiental via sensoriamento remoto que atuam na quantificação de uso alternativo do solo estão implementados e são considerados importantes indicadores ambientais dos processos que aqui ocorrem, tais como o PRODES (Projeto de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite), executado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) desde 1988, Programa de Monitoramento de Áreas Especiais (ProAE), executado pelo Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM) desde 2005, Sistema de Alerta de Desmatamento (SAD), executado pelo Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON) desde 2006. Mais recentemente, ainda nessa mesma linha, o INPE em parceria com a EMBRAPA lançou o Projeto TerraClass que opera nas áreas já desflorestadas da Amazônia, gerando o mapa da situação de uso e cobertura da terra, com maior nível de detalhamento, entretanto constituindo-se ainda uma ação isolada apenas do sensoriamento remoto (análise do *pixel*), não integrada com outras fontes de dados, como censos agropecuários e a perspectiva de trajetórias tecnológicas, por exemplo.

As políticas públicas aplicadas na região Amazônica são elaboradas considerando maior aporte de recursos para as regiões que possuem altas taxas de desmatamento, indicadas pelos Programas de Monitoramento, especialmente o PRODES/INPE, e as restrições aplicadas a estes locais entram em choque com outras políticas de fomento ao desenvolvimento econômico e regularização fundiária. Registros das autuações ambientais no estado do Pará provenientes do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA/PA) no período de 2000 até 2008 apontam que de um total de

16.591 infrações lavradas pelos fiscais ambientais no estado (IBAMA, 2009), nada menos que 14.158 autuações estão relacionadas estritamente com danos à flora, representando 85,33%, o que vem comprovar o forte direcionamento da política ambiental, relacionada principalmente à repressão do desflorestamento.

Em outro levantamento realizado por Tancredi; Santos; Cohença (2009), reuniram-se os autos de infração lavrados pela Gerência Executiva do IBAMA em Santarém/PA no período de 01/01/2005 até 31/10/2008.

No período analisado, mais de 34% das sanções administrativas aplicadas ocorreram em decorrência exclusivamente de desmatamento da flora amazônica, e considerando somente o último ano investigado (2008), mais de 58% das autuações foram efetuadas somente por este motivo, reforçando ainda mais o direcionamento da política ambiental que simplifica a realidade amazônica ao indicador de monitoramento do desmatamento da Floresta Amazônica. Outro dado relevante é que nos municípios de Altamira e Novo Progresso/PA concentraram-se 53,5% das infrações relacionadas a desmatamento de toda a área de abrangência da Gerência Executiva do IBAMA em Santarém/PA, comprovando o desequilíbrio das ações ambientais na região apontadas para o foco florestal (corte raso).

Segundo Costa (2010), a economia rural da região Amazônica tem dinâmica e amplitude próprias, nem sempre consideradas nas discussões sobre os fenômenos deletérios em evidência. Ao longo dos últimos 17 anos crescem a taxas médias de 5,5% a.a., elevando o Valor Bruto da Produção Rural (VBPR) de R\$ 5,5 bilhões a R\$ 9 bilhões a preços constantes. No ano de 2009, 41% da economia amazônica fora produzida por camponeses, fazendeiros e assalariados rurais, 26% pelas economias urbanas locais, 11% pelas economias urbanas estaduais e, finalmente, 21,5% transbordaram para o resto da economia nacional.

Ao longo de discussões que vêm acontecendo sobre a sustentabilidade ambiental, ganha *status* uma visão mais complexa dos sistemas agrícolas. Se antes eram tratados (quase) exclusivamente do lado da emissão de poluentes e redução da biodiversidade, hoje se reconhece, que tais atividades, reduzindo a pressão sobre as florestas e criando mecanismo de absorção líquida de carbono, podem expandir a oferta e, em consequência, baratear o bem ambiental em si - a estabilização ou reversão das mudanças climáticas, tornando mais custo-efetivo as estratégias de mitigação (COSTA, 2009a). Segundo as estimativas de Fearnside (2000) apud Costa (2009a), considerando as atividades de derruba, queima, floresta originária, etc, o estoque médio de Carbono contido em um hectare na Amazônia é 200 t/ha.

No viés de analisar a realidade em sua complexidade, Costa (2009a) a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), estimou os balanços de emissão ano a ano de 1990 a 2005 e seus componentes de emissão e sequestro por fundamento produtivo e modo de produção. Este considera a economia agrária da região Amazônica como um aparato físico e um sistema social. Nos sistemas agrícolas e nas capoeiras o processo de absorção de CO₂ pela fotossíntese das plantas constitui fator de negentropia pelo potencial de neutralizar os efeitos deletérios da emissão. A emissão não neutralizada é indicador de entropia realizada, e, assim, medida objetiva de uma necessidade para a sustentabilidade, por exemplo, para as condições de permanência de dada sociedade. A constituição dos mercados de bens ambientais tem nesse fato seu fundamento de última instância.

A pecuária de corte constitui o principal vetor de emissão, com baixo custo de oportunidade na reorientação de recursos, em particular da terra, na direção de atividades com balanços líquidos de emissão de carbono variáveis. O fortalecimento dos sistemas florestais e os agrícolas (sequestram carbonos) devem ser objetos de atuação estratégica de grande abrangência e penetração na criação de bases para um cálculo de virtuais perdas e ganhos sociais associados à eventual existência de um mercado mundial de carbono. No período de 1990-2005, as emissões acumuladas de 4.517 Gt, num mercado cujo poder de compra permitisse cerca de US\$ 1,00/t, equivaleria a uma perda de 4,5 bilhões. Há necessidade de reflexões sobre condições e necessidades institucionais que poderiam tornar o mercado de carbono menos limitante à um ideal de sustentabilidade (COSTA, 2009a).

O rural, portanto, constitui espaço de dinâmica e os recursos de sensoriamento remoto são ferramentas tecnológicas capazes de oferecer leituras com perspectivas extraordinariamente importantes e complexas, que trata as questões de desenvolvimento. Nas imagens óticas LANDSAT, por exemplo, cada elemento que compõe a imagem cobre uma área de 30 m x 30 m, e a cena toda tem a extensão de 185 km x 185 km. Esta série de 8 satélites produz imagens da superfície terrestre desde a década de 70. Entretanto, a imagem por si só não identifica elementos da superfície terrestre, contribuindo pouco para a análise dos processos e, portanto, para a intervenção da realidade, ademais os sensores remotos observam a parte de cima da vegetação, gerando pouca informação sobre o uso do solo. Complementarmente, os Sistemas de Informação Geográfica auxiliam como poderoso recurso que organiza e identificam alguns elementos da superfície, tais como limites municipais, drenagens, estradas, focos de calor, localidades, sedes municipais, mapeamentos temáticos (geologia, pedologia, vegetação, antropismo), entre outros.

A união de SIG e SR potencializam o entendimento da realidade, porém, ainda não são suficientes para retratar a sua complexidade no meio rural. Na prática, os técnicos que dominam essas ferramentas pouco utilizam abordagens voltadas ao desenvolvimento econômico, social e sustentável, tratando na prática as questões da sustentabilidade de modo reduzido e tecnocrático. Há, portanto, necessidade de integração desses recursos tecnológicos com outras vertentes de investigação do meio.

Iniciativas de interação das práticas de engenharia de imagens foram utilizadas por Lu et. al. (2006) que combinou dados de sensoriamento remoto (classificação) e dados auxiliares associados para mapear a degradação do solo. Os autores desenvolveram aporte teórico para classificar os riscos de degradação, usando elementos da teoria de mistura espectral que enfatizam os componentes: vegetação verde (sadia), solo e sombra no ecossistema amazônico, ressaltando que seus estudos são de caráter preliminar, sendo necessários modelos mais avançados e universais baseados na integração desses tipos de dados com referências de campo. Em outro caso, Leite et. al. (2010) percebeu que reconstruções históricas apresentam um número de incertezas relacionadas com a fusão de 2 sistemas diferentes de observações (dados de sensoriamento remoto e censo agropecuário).

Numa abordagem das mesorregiões do estado do Pará, considerando dados estáticos obtidos via sensoriamento remoto (focos de calor e quantidade de estradas) e dados estatísticos dinâmicos do Valor Bruto da Produção Rural, Tancredi et. al. (2011) detectaram que dependendo do grau de antropização da mesorregião em que uma Unidade de Conservação/Terra Indígena (Área Especial) está localizada existe correlação positiva do quantitativo de focos de calor e extensão total de estradas.

Pelo fato da economia rural amazônica ser bastante dinâmica, com a existência de grandes paradigmas tecnológicos em concorrência e conflito, estruturados em movimento, que configuram trajetórias materializadas, e considerando que é grande potencial o que as ferramentas de geotecnologias apresentam, análises integradas se fazem necessárias para melhor entendimento da realidade socioeconômica ambiental amazônica.

Diante do exposto, entra em cena uma importante iniciativa realizada na região Amazônica, pertencente ao Projeto Sustentabilidade do Uso do Solo na Amazônia Brasileira: Ganhos e Perdas, Oportunidades para Conservação e Desenvolvimento (Rede Amazônia Sustentável). Este estudo investigou a região de Santarém (Belterra e Santarém) e a de Paragominas objetivando avaliar padrões de biodiversidade, provisão de serviços do ecossistema, produção econômica e bem-estar do homem associados com usos do solo

dominantes que caracterizam as zonas de desflorestamento ativas na Amazônia Brasileira. Vem reunindo um conjunto detalhado de informações ambientais e econômicas que poderá gerar uma avaliação abrangente e profunda sobre a sustentabilidade de uso do solo pelo homem para qualquer porção de floresta tropical no mundo, medindo a contribuição potencial de diferentes sistemas rurais de uso do solo para a manutenção de um panorama viável com usos múltiplos ecológicos e socioeconômicos.

As duas regiões foram escolhidas como alvo de estudo em função de iniciativas sustentáveis implementadas em seus territórios, onde na região de Santarém, uma parceria estabelecida entre *The Nature Conservancy* (TNC) e a multinacional *Cargill* originaram uma moratória do desflorestamento causado pelos sojicultores, representando uma demonstração referencial de como a responsabilidade empresarial pode trazer avanços substanciais ao gerenciamento do ecossistema. Paragominas é uma das pioneiras do Projeto Municípios Verdes (parceria entre o governo municipal, Sindicato dos Produtores Rurais de Paragominas (SPRP), TNC e Pará Mais Projetos Sustentáveis), visando o desenvolvimento por meio de esforços combinados do governo local e sociedade civil. Com isso, o Projeto contribui com essas iniciativas, mediante uma melhor compreensão científica das implicações ambientais e socioeconômicas de diferentes usos do solo e de gestões da terra.

As participações do Prof. Dr. Francisco Costa, orientador, e do autor desta Tese como pesquisadores na RAS foi o fator determinante na escolha de Santarém e Paragominas, como objeto de investigação.

A história recente e o desenvolvimento agrícola das duas regiões de estudo estão associadas à abertura de duas das principais rodovias federais que atravessam o estado do Pará, uma é a BR-163 (Cuiabá-Santarém) e a outra é a Rodovia Federal BR-010 (Belém-Brasília), que dá acesso à Paragominas. Essas regiões são caracterizadas por um histórico distinto de ocupação humana e trajetória de desenvolvimento econômico, assim como possuindo diferenças marcantes nas propriedades biofísicas e biogeográficas.

Na região de Santarém, há o predomínio de pequenas propriedades, voltados para atividades produtivas diversas (culturas anuais, permanentes e sistemas agro florestais); ocorrendo segundo Departamento Nacional da Produção Mineral (1976) quatro regiões ecológicas: savanas (cerrados), formações pioneiras, florestas densas e florestas abertas, bem como áreas submetidas à ações antrópicas.

Segundo dados do monitoramento do desflorestamento acumulado até o ano de 2010 nos municípios da Amazônia Legal executado por INPE (2011c), Santarém possui 4.586,1 km² de desflorestamento, representando 20,05% de sua área total.

Na região de Paragominas existe o domínio de grandes propriedades, com uso do solo mais direcionado à pecuária e silvicultura, destacando-se ainda as culturas de arroz, mandioca, milho e soja. Ocorrem formações de floresta ombrófila densa submontana com dossel emergente que dominam a paisagem, seguida por tipos vegetacionais secundários sem palmeiras (SIPAM, 2008).

Segundo a Portaria n.º 28 do Ministério do Meio Ambiente, de 24 de janeiro de 2008, Paragominas integra a lista dos 36 municípios da Amazônia Legal, responsáveis por cerca de 50% de todo o desmatamento encontrado na região, onde “incidirão ações prioritárias relativas à proteção de áreas ameaçadas de degradação e à racionalização do uso do solo, de forma a prevenir, monitorar e controlar o desmatamento ilegal”. A partir de sobrevoos realizados no mês de setembro/2008 que geraram as imagens SAR/R99 do referido município, SIPAM (2008) quantificou em 34,84% (6.739,1 km²) o desmatamento seu acumulado. E, de acordo com INPE (2011c) considerando o desflorestamento acumulado até 2010 este índice sobe para 8.601,80 km² (44,22%), valor bastante elevado em relação ao desmatamento médio na Amazônia.

A busca pela heterogeneidade de sistemas de uso do solo, investigando diferentes agentes e processos produtivos nas regiões de estudo, que incluem agricultura arável manual e mecanizada, pecuária (pequena, média e larga escala), sistemas de culturas perenes, silvicultura, manejo florestal, é um elemento importante para abranger as diversas trajetórias tecnológicas, no conceito definido por Costa (2009b, 2011). E tal qual Costa revelou estas trajetórias tecnológicas para todas as mesorregiões da região Norte utilizando os Censos Agropecuários, utilizei os dados primários coletados em 479 estabelecimentos rurais pesquisados pela Rede Amazônia Sustentável, adaptando a metodologia desenvolvida por Costa.

Esta Tese está estruturada em 6 capítulos, na qual o capítulo "Metodologia e Técnicas Investigativas" tem 7 subtópicos, que mostra os recursos metodológicos aqui empregados, desde a coleta de dados, qualificação das trajetórias, delimitação das propriedades, classificações por sensoriamento remoto, montagem e estruturação do banco de dados celular, recursos de métricas de paisagem com o Sistema de Informação Geográfica (SIG) e utilização de algoritmos de otimização probabilística para geração da classificação integrada.

Os capítulos de revisão teórica apresentam uma busca na literatura dos conceitos de Trajetórias Tecnológicas e seus tipos (Capítulo 3) e do Ferramental Geotecnológico (Capítulo 4), abrangendo sensoriamento remoto, SIG, métricas de paisagem e algoritmos de otimização probabilística (integração de dados).

O capítulo 5 apresenta as regiões de estudo (Paragominas e Santarém) no âmbito de seus aspectos históricos, socioeconomia e caracterização ambiental das bacias hidrográficas selecionadas.

Os resultados e discussões foram construídos em um capítulo único, que englobou o pré-tratamento dos dados (coleta, tabulação e espacialização), o processo de adaptação do questionário e qualificação das trajetórias, e aplicações avançadas do ferramental geotecnológico.

O empenho desta Tese em melhor compreender a realidade socioeconômica ambiental na Amazônia foi aplicado em um universo de 479 estabelecimentos rurais situados nas regiões de Paragominas e Santarém, qualificando estes territórios e seus sistemas agrários na perspectiva das trajetórias tecnológicas desenvolvidas por Costa (2009b, 2011, 2012), e direcionando a aplicação do geoprocessamento na busca de integração destes dados, constituindo um passo fundamental para corrigir as distorções no desenvolvimento econômico dos municípios amazônicos. A hipótese deste trabalho é testar se é possível explicar as diferenças territoriais, a partir da diversidade de estruturas, explicitadas pelas trajetórias tecnológicas, utilizando recursos das geotecnologias.

2 METODOLOGIA E TÉCNICAS INVESTIGATIVAS

As técnicas investigativas empregadas foram: coleta de dados, delimitação das trajetórias tecnológicas e das propriedades, classificação via sensoriamento remoto, montagem do BD celular, métrica de paisagem com SIG e integração de dados.

2.1 Coleta de dados sócioeconômicos e desenho ambiental

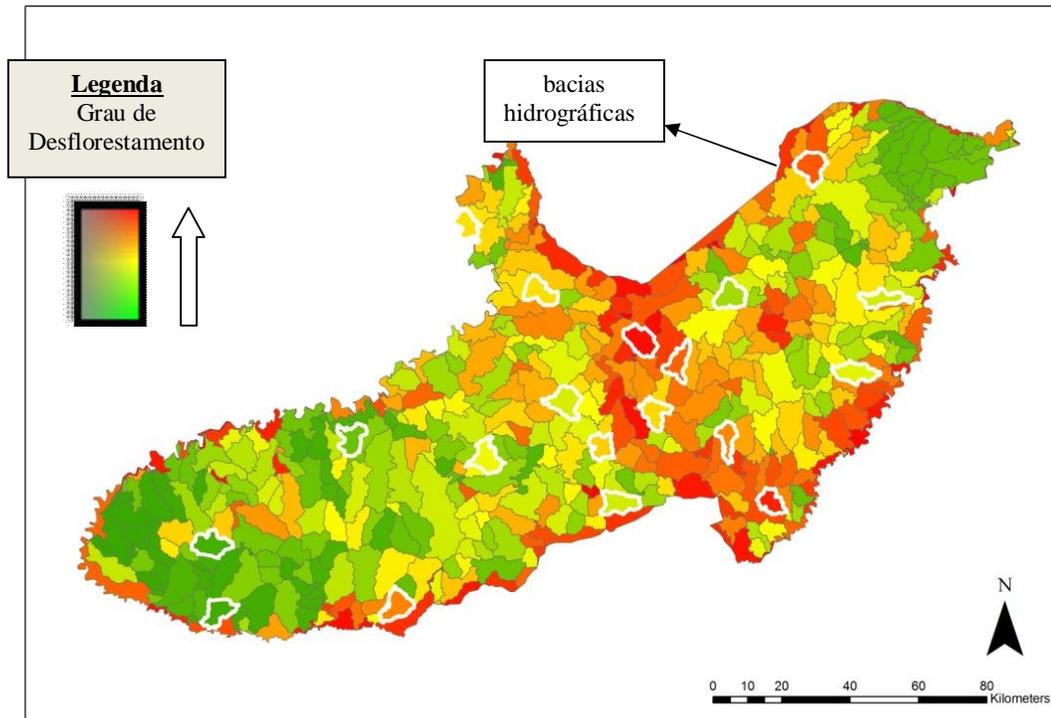
No âmbito do projeto de pesquisa “Sustentabilidade dos Usos da Terra na Amazônia Oriental” (Rede Amazônia Sustentável), que visa aplicar avaliações multidisciplinares para conciliar conservação da biodiversidade, serviços ambientais e desenvolvimento econômico, a coleta de dados foi feita na escala de bacias hidrográficas, com tamanho médio entre 5.000 e 4.330 hectares nas regiões de Paragominas e Santarém, respectivamente, que foram delineadas utilizando um modelo digital de elevação (DEM) e SWAT (Ferramenta de Avaliação da Água e do Solo) no *software ArcGIS 9.3*©.

O critério principal para selecionar as bacias hidrográficas foi a cobertura florestal remanescente (ou reciprocamente, o desmatamento histórico acumulado). E, uma vez que um conjunto de bacias hidrográficas foram identificadas, baseado no gradiente de desmatamento, uma seleção final de 18 bacias hidrográficas em cada região foi feita para assegurar a representação das práticas atuais de uso da terra, a distribuição espacial da população rural e o tipos principais de uso.

Os mapas 1 e 2 ilustram a localização das bacias hidrográficas selecionadas nas regiões de Paragominas e Santarém/PA, respectivamente, e seu gradiente crescente de desmatamento acumulado, variando da tonalidade vermelha (maior nível de desmatamento) até a verde (menor nível). Na região de Santarém, as bacias hidrográficas alvo estão destacadas na cor preta, enquanto em Paragominas estas estão na cor branca.

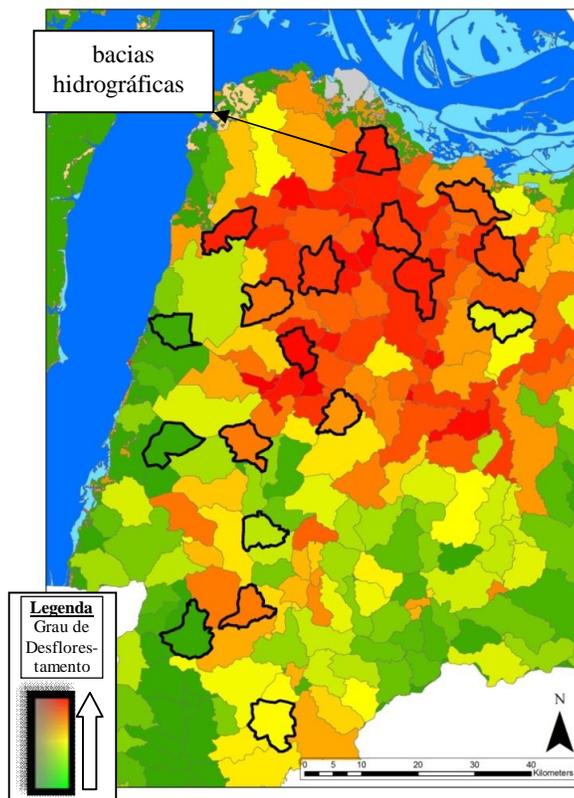
Os dados socioeconômico-ambientais foram coletados através de entrevistas estruturadas com proprietários dos estabelecimentos rurais situados nas bacias hidrográficas das áreas de estudo. Este questionário é dividido em 11 módulos, onde possíveis usos do solo e dados de manejo são coletados em 3 períodos de tempo: (i) primeiro ano de uso do produtor; (ii) 2006 (para coincidir com o censo agropecuário do IBGE); e (iii) 2009 (último ano completo de produção, considerando a data de realização das pesquisas).

Mapa 1 - Desflorestamento das bacias hidrográficas na região de Paragominas/PA



Fonte: Adaptado de RAS (2012).

Mapa 2 - Desflorestamento das bacias hidrográficas na região de Santarém/PA



Fonte: Adaptado de RAS (2012).

O Módulo 1 chama-se “Entrevistado e posse da terra”, e contém informações gerais relativas ao proprietário, seu (sua) família, o perfil demográfico de todas as famílias na propriedade, assim como histórico de aquisição e documentação das terras e a coordenada de localização em formato Universal Transverso de Mercator (UTM)¹ da sede da propriedade.

O Módulo 2 denomina-se “Dados gerais de referência dos sistemas de produção”, e apresenta um mapa participativo com o uso do solo e o “*layout*” da propriedade, dados de cobertura da terra para o primeiro ano de produção e para os anos de 2006 e 2009. Retrata também outros dados gerais sobre a propriedade rural, incluindo: o investimento de capital, equipamentos, mão de obra (familiar e contratada), tipos de mão de obra (especializada, não especializada, condições de trabalho), questões de licenciamento, o envolvimento em associações de produtores e instituições, acesso a suporte técnico, técnicas de preparo do uso do solo, incluindo manejo de fogo, custos e impactos de queimadas descontroladas e acesso a crédito (história, situação atual e futuras intenções).

O Módulo 3 aborda “Florestas e extração de recursos” e possui foco no uso dos serviços ambientais ao nível de propriedade. Nele, são coletadas informações sobre o estado da reserva legal², áreas de reflorestamento, uso e exploração de produtos madeireiros, roubo de madeira, problemas de invasão, presença de caça na propriedade, atividades de caça praticadas pelos proprietários e/ou outros, participação em iniciativas políticas relacionadas com a conservação e gestão florestal.

O Módulo 4 trata das “Culturas anuais³”, com a coleta de informações na área e manejo de culturas anuais (exemplo: soja, milho, arroz, feijão e mandioca), incluindo renda anual e custos (químicos e biológicos), produção anual, total de vendas, características do

¹ O Sistema Universal Transverso de Mercator é a projeção adotada no Mapeamento Sistemático Brasileiro, que é também um dos mais utilizados no mundo inteiro para cartografia sistemática recomendada pela União de Geodésia e Geofísica Internacional (UGGI). Nesse Sistema, a superfície de projeção é um cilindro cujo eixo é perpendicular ao eixo polar terrestre. É uma projeção conforme, portanto mantém os ângulos e a forma das pequenas áreas. O elipsóide terrestre é dividido em 60 fusos parciais com 6° de amplitude cada um. A origem do sistema cartesiano de coordenadas é formada pelo meridiano central do fuso (Eixo Y) cujo valor é E = 500.000,00 metros, e pelo Equador (Eixo X) que tem valor N = 0,00 metros, para coordenadas no hemisfério norte e N = 10.000.000,00 metros, para coordenadas no hemisfério sul. As coordenadas são designadas pelas letras “E” e “N”, acrescidas do Fuso e Hemisfério. As constantes de E = 500.000,00 metros e N = 10.000.000,00 metros chamadas, respectivamente, de Falso Este e Falso Norte visam evitar coordenadas negativas. A projeção UTM quando comparada a outras projeções apresenta deformações muito pequenas em todos os aspectos (TIMBÓ, 2001).

² Segundo o Artigo 16, alínea “d”, § 3º de Brasil (1965) trata-se de área de, no mínimo, 20% (vinte por cento) de cada propriedade, onde não é permitido o corte raso, devendo esta área ser averbada à margem da inscrição de matrícula do imóvel, no registro de imóveis competente, sendo vedada, a alteração de sua destinação, nos casos de transmissão, a qualquer título, ou de desmembramento de área.

³ Cultura de planta de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a produção deixa o terreno disponível para o novo plantio (IBGE, 2006).

mercado, transporte, uso de equipamentos especializados, escolha do sistema de manejo (químico, tratamento da água e do solo, assim como áreas de pousio, rotação de culturas), e perdas anuais (pestes e doenças). O Módulo 5 possui as mesmas características de levantamento de informações do Módulo 4, entretanto, está voltado para o sistema de culturas perenes⁴, incluindo a produção de frutas, pimenta e cacau, e de espécies como cafeeiros, seringueiras, entre outras.

O Módulo 6 versa sobre “Criação de animais domésticos (não bovinos)”, incluindo ovelhas, porcos, caprinos, aves, coleta de informações sobre a produção total (por cabeça/bico ou por peso), área de pastagens, produção anual, renda anual e custos (biológico, químico e suplemento alimentar), total de vendas, características do mercado, uso de equipamento especializado, questões relativas ao acesso à água, escolha do sistema de manejo do solo e da terra, e perdas anuais. O Módulo 7 trata especificamente sobre “Produção de gado”, com coleta de informações do tipo de criação praticada na fazenda (reprodução, engorda, leiteiro), características do rebanho e raça, produção anual, produção de leite e seus derivados, renda anual e custos (biológico, químico e suplemento alimentar), uso de equipamentos especializados, questões relacionadas ao acesso de água, escolha do sistema de manejo (pastagem e manejo do rebanho, incluindo práticas de reprodução, rotação de pastagens, práticas consorciadas e silvipastoris).

O Módulo 8 chama-se “Silvicultura⁵”, levantando informações de espécies cultivadas, arranjo produtivo (produção própria ou arrendada), área e história da plantação, dados de colheita, características do mercado, produção total para venda e consumo na própria fazenda, uso de equipamentos especializados, renda anual e custos (biológico e químico), escolha do sistema de manejo (incluindo espécies, descanso da terra, práticas de colheita e calendário agrícola praticado), uso da água e perdas anuais.

O Módulo 9 denomina-se “Gestão florestal” e limita-se ao levantamento de dados sobre extração de madeira em larga escala (excluindo-se extrações ocasionais de árvores individuais), com coleta de informações, manejo da área e práticas de manejo (incluindo história da colheita e espécies alvo, inventários, intensidade do corte, gestão das estradas,

⁴ Cultura de ciclo longo que permite colheitas sucessivas, sem necessidade de novo plantio a cada ano. Comporta também combinações das culturas agrícolas com florestas (IBGE, 2006).

⁵Técnica ligada às condições biológicas que abrange ação imediata do florestal na mata, executando a implantação, composição, trato e cultivo de povoamentos florestais, assegurando proteção, estruturando e conservando a floresta como fornecedora de matéria-prima para a indústria madeireira, além de ser agente protetor, benfeitor e embelezador da paisagem (IBGE, 2006).

controle do fogo), custos anuais, vendas e características do mercado, custos de transporte, uso de resíduos e perdas anuais.

O Módulo 10 são as “Perspectivas dos produtores no uso e manejo do solo”, ilustrando os dados qualitativos das expectativas de produtores para mudanças no uso do solo e sistemas de gestão. E finalmente, o Módulo 11 (Família) efetua a coleta de informações sobre a origem dos chefes de família, bem-estar (incluindo bens materiais, acesso a serviços públicos, participação em instituições locais, lazer, medidas subjetivas de satisfação), demografia dos membros da família, planos de migração e todas as formas de renda familiar.

A coleta dos dados socioeconômico-ambientais envolveu 5 fases: 1^a) Identificação da família e mapeamento; 2^a) Seleção da família; 3^a) Entrevista; 4^a) Controle de qualidade do dado; e 5^a) Entrada do questionário no Banco de Dados.

A 1^a fase identificou e mapeou todas as famílias rurais nas bacias hidrográficas através do mapeamento de todos os acessos e rotas, coletando pontos de GPS⁶ (aparelhos que marcam o posicionamento global) das casas e conversando com os moradores. As características das moradias (parede, telhado, localização em relação à estrada, etc.) foram descritas em uma planilha. É importante ressaltar que as casas foram utilizadas como um indicador das propriedades rurais, a definição de unidade para este estudo. Para qualificar as propriedades, estas deviam ter mais de 1 hectare, e ter produzido ou colhido em 2009 (ano de referência do questionário). Caso esta seleção não fosse possível de ser efetuada no campo, seria feita posteriormente na fase de entrevista.

Após todas as propriedades de interesse terem sido identificadas e mapeadas, elas foram classificadas pelo ramal onde estavam localizadas no interior da bacia hidrográfica. Esta lista foi, então, ordenada aleatoriamente em uma planilha, que gerou uma ordem de prioridade para as entrevistas que foram aplicadas. Uma meta global de 20 entrevistas aleatórias por bacia hidrográfica foi então estratificada de acordo com o número de propriedades por ramal (de modo a garantir um leque razoável espacial de entrevistas em toda a população da bacia). Áreas urbanas⁷ e peri-urbanas foram excluídas da amostragem, pois

⁶É um sistema de abrangência global que permite que um usuário, em qualquer lugar da superfície terrestre, tenha a sua disposição, no mínimo, quatro satélites que podem ser rastreados. Este número de satélites permite o posicionamento em tempo real. Uma característica muito importante da tecnologia GPS é a não necessidade de intervisibilidade entre as estações, além de poder ser utilizado sob quaisquer condições climáticas (CEUB/ICPD, 2004).

⁷ A definição de área urbana utilizou uma combinação dos polígonos “Setores de Censo” Urbano do IBGE, imagem IKONOS do *Google Earth*® quando disponíveis, classificação do uso do solo da TNC (*The Nature Conservancy*), limites das propriedades, segundo o INCRA (2005), além de extensivas pesquisas de campo na

são tipicamente menores que 1 hectare e normalmente não dedicam-se em produções agrícolas.

Embora os protocolos de amostragem requeressem que uma ordem aleatória para selecionar os entrevistados fosse seguida, eventuais propriedades poderiam ser excluídas, caso o responsável pelo estabelecimento declinasse da entrevista ou, se após 3 visitas ninguém fosse encontrado.

Algumas propriedades possuíam mais de um domicílio (por exemplo, quando existiam trabalhadores ou parentes morando no local); e nestes casos entrevistas extras apenas do Módulo 11 (Família) eram realizadas, de acordo com o número de residências adicional. Quando havia entre 1-2 casas extras, uma entrevista extra era aplicada (a escolha foi determinada no campo); entre 3 – 5 casas, duas entrevistas eram efetuadas; e mais de 6 casas, eram efetuadas 3 entrevistas extras.

Ao retornar do campo, os entrevistadores faziam correções no questionário, incluindo cálculos finais de níveis de colheita e transformações de áreas para hectares e quilogramas. Além disso, uma revisão final foi feita por um examinador designado, que verificava campos de dados ausentes ou inconsistências aparentes. E, quando necessário, uma visita de retorno era feita na propriedade para coletar qualquer dado faltante.

Após este procedimento, as entrevistas estavam prontas para serem inseridas no Banco de Dados, que foi desenvolvido no programa *Access* com uma interface na INTERNET para facilitar a entrada e recuperação dos dados. Esta alimentação foi realizada por pessoas selecionadas da equipe de campo no Laboratório da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em Belém-PA, inclusive com a participação do autor desta Tese.

2.2 Delimitação das trajetórias tecnológicas

A análise dos atributos dos estabelecimentos rurais existentes no Banco de Dados extraiu informações que permitiram a qualificação das Trajetórias Tecnológicas, adaptando a metodologia desenvolvida por Costa (2009b, 2011). Nesta metodologia, Costa utilizou o meio eletrônico de publicação dos dados censitários, desagregando-os no âmbito de microrregiões para toda a região Norte, aumentando muito as possibilidades de utilização das informações, permitindo, não só a edição de variáveis existentes e a criação de novas variáveis e

região, na qual a equipe de mapeamento testou as classificações via sensoriamento remoto perguntando aos moradores sobre suas propriedades (tamanho e ocorrência de jardins agrícolas).

indicadores com abrangência total, como a melhor operacionalização de conceitos-chave para a compreensão da realidade agrária em âmbito bem mais elementar, e, nesse sentido, estatisticamente bem mais abrangente. Às trajetórias tecnológicas reveladas por esta metodologia foram aplicados recursos estatísticos, tais como agregados, médias, variâncias para verificar os diversos atributos que as qualificam comparativamente nas regiões de Paragominas e Santarém/PA.

A primeira categorização, baseada no tipo de força de trabalho empregada, serviu para distinguir os agentes patronais e os camponeses/familiares e, por definição, considerou-se a força de trabalho familiar total (x) igual ao total da categoria “membros não remunerados da família maiores de 14 anos” (y) mais a metade da categoria “membros não remunerados da família menores de 14 anos” (z). A força de trabalho de terceiros, ou seja, o número de trabalhadores assalariados equivalente (w) foi obtido pela soma dos gastos com salários, com empreitas e outros contratos de prestação de serviço dividida pelo valor médio de diária prevalecente multiplicada por 300 dias médios de trabalho por ano. Considerou-se “familiar” ou “camponês” o caso cuja participação relativa da força de trabalho de terceiros global estimada no total da força de trabalho (t) não ultrapassou $\frac{1}{2}$ (50%), e “patronal” o estabelecimento rural com força de trabalho de terceiros acima de $\frac{1}{2}$ (50%) em relação à força de trabalho total.

As equações que representam estes cálculos são:

$$t = x + w$$

(Eq.2.1 - Total da Força de Trabalho)

$$x = y + \frac{1}{2}z$$

(Eq.2.2 - Força de Trabalho Familiar Total)

A condição que definiu o agente como sendo camponês ou patronal foi: Se $w < 50\% t$, então = FAMILIAR/CAMPONÊS, senão então = PATRONAL.

Isto feito submeteu-se os resultados a processos de discernimento sobre os sistemas produtivos, de forma a detectar três processos diferentes importantes: o primeiro trata-se da relevância de um dado produto ou conjunto de produtos, que nas variações da produção total revela a sua importância, e por essa via a relevância social (para o todo da economia em questão) da trajetória que lhe é subjacente – seu peso na configuração da divisão social do trabalho. Segundo, a capacidade de um dado conjunto de produtos de compensar os gestores dos processos produtivos revela sua eficiência e, em consequência, a eficiência da trajetória

de que participa na realização subjacente dos anseios privados – sua relevância microeconômica privada. A relevância social e a influência dos grupos de produtos na rentabilidade podem guardar relação dinâmica. Terceiro, se um dos grupos se revela fonte de investimentos, ele é base da capacidade de expansão da trajetória que lhe é subjacente (COSTA, 2011).

Conhecidas a relevância social e privada dos grupos de produtos, bem como se os mesmos constituem-se como fonte de investimentos, oito combinações lógicas são possíveis, as quais permitem inferências na qualificação dos modos como participam das trajetórias que lhes fundamentam, conforme é ilustrado na tabela 1.

Tabela 1 – Atributos dos grupos de produtos e expectativa quanto às formas respectivas de participação nas trajetórias tecnológicas subjacentes

Possibilidades	Atributos dos grupos de produtos			Classe do produto ou grupo de produtos quanto aos seus atributos	Expectativa quanto ao modo de participação na trajetória subjacente
	Socialmente relevante	Compensação privada positiva	Fonte de investimento		
1	V	V	V	G1	Posição principal, influenciando na expansão de modo consistente e com capacidade endógena de desenvolvimento.
2	V	V	F	G2	Posição principal, influenciando na expansão de modo consistente, porém sem capacidade endógena de desenvolvimento.
3	V	F	F	G3	Posição principal, porém inconsistente e decadente.
4	F	F	F	G4	Decadente ou <i>ad hoc</i> ou experimental.
5	F	V	V	G5	Emergente com capacidade endógena de desenvolvimento.
6	F	F	V	G6	Subordinado, podendo se constituir financiador.
7	V	F	V	G7	Principal, inconsistente ou subordinada como financiador.
8	F	V	F	G8	Emergente, sem capacidade endógena de desenvolvimento.

Fonte: Costa (2011).

2.2.1 Sobre a Relevância Social (Macro) dos Grupos de Produtos

As “formas de produção” prevalentes no agrário da região amazônica, assentadas sobre “peculiares relações sociais” (trabalho familiar e trabalho assalariado), distinguem-se entre si por seus fins e pelos meios utilizados para alcançá-los.

As interações trabalho-natureza, mediadas por conhecimentos e meios materiais de produção, constituem os “fundamentos técnicos” das formas de produção. As diferentes composições de produtos agregadas pelas formas de produção fundamentais são expressas genericamente por funções:

$$Y_B = \beta_{BPC}^Y \cdot Y_{PC} + \beta_{BPL}^Y \cdot Y_{PL} + \beta_{BPM}^Y \cdot Y_{PM} + \beta_{BPP}^Y \cdot Y_{PP} + \beta_{BCP}^Y \cdot Y_{CP} + \beta_{BCT}^Y \cdot Y_{CT} + \beta_{BCH}^Y \cdot Y_{CH} + \beta_{BCS}^Y \cdot Y_{CS} + \beta_{BFN}^Y \cdot Y_{FM} + \beta_{BFV}^Y \cdot Y_{FV}$$

(Eq.2.3 - Valor Bruto da Produção Total)

Onde a variável dependente é Y_B = Valor Bruto de Produção (VBP) total da forma de produção em questão (R\$) e as variáveis independentes são Y_{PC} (Valor Bruto da Produção da pecuária bovina: boi em pé (R\$)), Y_{PL} (VBP da pecuária bovina: leite e venda de matrizes e outros produtos (R\$)), Y_{PM} (VBP da pecuária de médios animais: basicamente suínos (R\$)), Y_{PP} (VBP da pecuária de pequenos animais: basicamente aves (R\$)), Y_{CP} (VBP das culturas permanentes (R\$)), Y_{CT} (VBP de culturas temporárias (R\$)), Y_{CH} (VBP de hortigranjeiros (R\$)), Y_{CS} (VBP da silvicultura (R\$)), Y_{FM} (VBP do extrativismo vegetal: madeira em tora (R\$)) e Y_{FV} (VBP do extrativismo vegetal: produtos florestais não-madeireiros (R\$)).

Os coeficientes β descrevem o modo como cada grupo de produtos e, conseqüentemente, o subsistema de produção a ela subjacente, participam na variação da produção total Y_B de um modo de produção. E β_{BPC}^C corresponde ao número de desvios-padrão que Y_B^C varia em torno da sua própria média para uma variação de 1-desvio-padrão em Y_{PC}^C em torno da sua própria média, enquanto que a soma dos coeficientes β^C em Y_B^C representaria o número de desvios padrão que este variaria em torno de sua média quando todas as variáveis variassem 1 desvio-padrão e, assim, podem ser comparados diretamente na explicação do que ocorre em Y_B^C .

Para qualificar um grupo de produtos segundo o atributo “socialmente relevante”, utilizou-se o critério: $\beta_{\text{Grupo de Produtos_VBP}} > 0.06$ então “Verdadeiro”; senão, “Falso”. Dessa forma, os grupos de produtos cujos VBP variam na mesma direção que o VBP total, correspondente a pelo menos 6% daquela variação.

2.2.2 Influência dos Grupos de Produtos na Rentabilidade: sua Relevância Privada

A composição da produção, tal como se encontra no momento da aplicação do questionário socioeconômico ambiental, expressa ajustamentos processados cumulativamente para atender às necessidades sociais. Também reflete finalidades das formas de produção na ótica privada, isto é, na perspectiva de seus gestores. Ajustada pela interação dos vetores (condições internas às unidades produtivas ou externas, relacionando-se com cada unidade por iniciativa de seus controladores, mas pela via do mercado ou de outras instituições), a composição da produção que reflete as necessidades privadas dos gestores dos processos produtivos pode ser expressa pela Equação 2.4:

$$Y_L = \beta_{LPC}^Y \cdot Y_{PC} + \beta_{LPL}^Y \cdot Y_{PL} + \beta_{LPM}^Y \cdot Y_{PM} + \beta_{LPP}^Y \cdot Y_{PP} + \beta_{LCP}^Y \cdot Y_{CP} + \beta_{LCT}^Y \cdot Y_{CT} + \beta_{LCH}^Y \cdot Y_{CH} \\ + \beta_{LCS}^Y \cdot Y_{CS} + \beta_{LFM}^Y \cdot Y_{FM} + \beta_{LFN}^Y \cdot Y_{FN}$$

(Eq.2.4 - Renda Líquida Total)

A variável dependente Y_L corresponde à Renda Líquida (VBP total menos Custo da Produção Total), isto é, a remuneração privada dos agentes controladores dos estabelecimentos considerados. Trata-se de uma função de desempenho, cuja regressão atua na remuneração dos gestores, sua variável dependente (Equação 2.4).

A função Valor Bruto da Produção expressa o resultado social (total) de uma divisão social do trabalho (Equação 2.3), a função Renda Líquida (Equação 2.4) expressa de que modo os resultados importam aos agentes privados, suas remunerações, dependem de tal estruturação. A mesma variável independente Y_{PC} , que na regressão da função do Valor Bruto da Produção influencia β_{BPC}^Y na variação da produção total, mediante a regressão da função da Renda Líquida influencia β_{LPC}^Y na variação da rentabilidade líquida dos estabelecimentos. Se capta com isso o papel dos sistemas produtivos de produções (os mesmos) na determinação das duas qualidades: a produção social total e a massa de excedentes (lucro) distribuídos entre os agentes privados.

Em relação ao atributo “Compensação privada positiva”, o procedimento utilizado foi: se $(\beta_{\text{Grupo de Produtos_VBP}})/(\beta_{\text{Grupo de Produtos_RL}}) > 0$ então “Verdadeiro”; senão, “Falso”. São considerados consistentes com os fins privados, os grupos de produtos cujos VBP influem positivamente na variação da Renda Líquida total.

2.2.3 Influência dos Grupos de Produtos nos Investimentos: Fontes Endógenas e Exógenas

Os investimentos fundamentam a dinâmica das formas de produção e das trajetórias que organizam, garantindo sua expansão. Podem ser analisados pela ótica da sua fonte, isto é, por um lado, como uma função da renda gerada na economia em questão; por outro, como uma função das disponibilidades exógenas representadas por outras fontes de financiamento.

Considerando que a renda é diretamente correlacionada com o Valor Bruto da Produção e os créditos bancários indicam a participação das fontes exógenas de financiamento, tem-se na Eq. 2.5:

$$I_F = \beta_{FPC}^I \cdot Y_{PC} + \beta_{FPL}^I \cdot Y_{PL} + \beta_{FPM}^I \cdot Y_{PM} + \beta_{FPP}^I \cdot Y_{PP} + \beta_{FCP}^I \cdot Y_{CP} + \beta_{FCT}^I \cdot Y_{CT} + \beta_{FCH}^I \cdot Y_{CH} + \beta_{FCS}^I \cdot Y_{CS} + \beta_{FFM}^I \cdot Y_{FM} + \beta_{FFN}^I \cdot Y_{FN} + \beta_{FC}^I \cdot C_I$$

(Eq.2.5 - Volume de Investimentos)

Onde I_F é o volume de investimentos observado em função dos grupos de produtos de Valor Bruto da Produção e Renda Líquida, e de volume de crédito para investimento obtido.

Segundo este método, os coeficientes β das variáveis Y nas regressões resultantes são medidas da participação dos grupos de produtos nas oscilações de investimentos (uma medida de participação de Y na variação do investimento); da variável C_I (volume de crédito para investimento obtido), medida da participação do crédito nessas variações. Esta função é denominada “investimento-fonte”.

A qualificação segundo o atributo “Fonte de investimento” aplicou o seguinte teste: se $\beta_{\text{Grupo de Produtos}_I} > 0$ então “Verdadeiro”; senão, “Falso”. Se o grupo de produtos se expande, ele contribui para a ampliação do investimento global do modo de produção – constituindo-se, portanto, fonte de investimentos.

2.2.4 Interação e atuação institucional de grupos de produtos

Considerando que as trajetórias podem se expressar em mais de um grupo de produtos, estas podem emitir diferentes sinais de seu movimento. Com isso, é necessária a observação das estruturas de correlações existentes entre os dados de produção dos grupos de produtos, e uma importante ferramenta para esse tipo de tarefa é análise fatorial, que sumariza ou reduz dados em um conjunto de variáveis observadas. Nas sumarizações, explicitam-se as cargas

fatoriais de cada variável em relação ao fator, que correspondem a coeficientes que expressam o quanto uma variável observada está carregada ou saturada em um fator.

Hair Júnior et al. (1998) ratifica que a análise fatorial pode ser utilizada para examinar os padrões ou relações que formam a base de um grande número de variáveis e determinar se as informações podem ser condensadas ou sumarizadas em um conjunto de fatores ou componentes menores. A análise fatorial é o nome genérico dado ao método de estatística multivariada, cujo propósito inicial é a definição da estrutura subjacente a uma matriz de dados.

Segundo Dosi (2006) e Arthur (1994) as trajetórias desenvolvem-se, confrontando-se em concorrência materializada no embate entre as estruturas que operam os processos produtivos e suas instituições de suporte. O modo como o ambiente institucional age sobre as estruturas produtivas e é influenciado por elas são, assim, determinantes na concorrência entre as trajetórias, fundamento no diferencial de rendimentos que as qualificam nessa concorrência.

Dessa forma, as informações relacionadas ao crédito agrícola, extraídos do questionário socioambiental, são relevantes, pois na agricultura o crédito é fundamentalmente crédito de fomento, refletindo o estado geral do ambiente institucional nas áreas rurais. Conforme Costa (2005), a variável crédito pode ser vista como *proxy* das relações institucionais dos agentes e suas formas de produção.

2.2.5 Trajetórias Tecnológicas reveladas

Qualificada a produção quanto à relevância social, à efetividade na compensação privada e ao desempenho no investimento; verificada, ademais, a estrutura das relações que seus componentes guardam entre si, Costa (2012) indicou os grandes movimentos que, resultantes de processos adaptativos conduzidos por agentes, de busca e seleção de possibilidades produtivas e reprodutivas, nos quais se incluem recursos institucionalmente distribuídos, conformam as trajetórias, ou seja, a sequência de eventos estruturalmente coerentes que configuram o agrário da região Norte.

Para a qualificação das trajetórias tecnológicas prevalentes nos estabelecimentos rurais investigados nesta Tese, replicou-se todas análises estatísticas efetuadas por Costa (2012), comparando os resultados encontrados com os coeficientes betas das regressões relacionadas à produção, compensação privada e investimentos, além das cargas fatoriais das combinações de grupos de produtos relativos às estruturas camponesas e patronais.

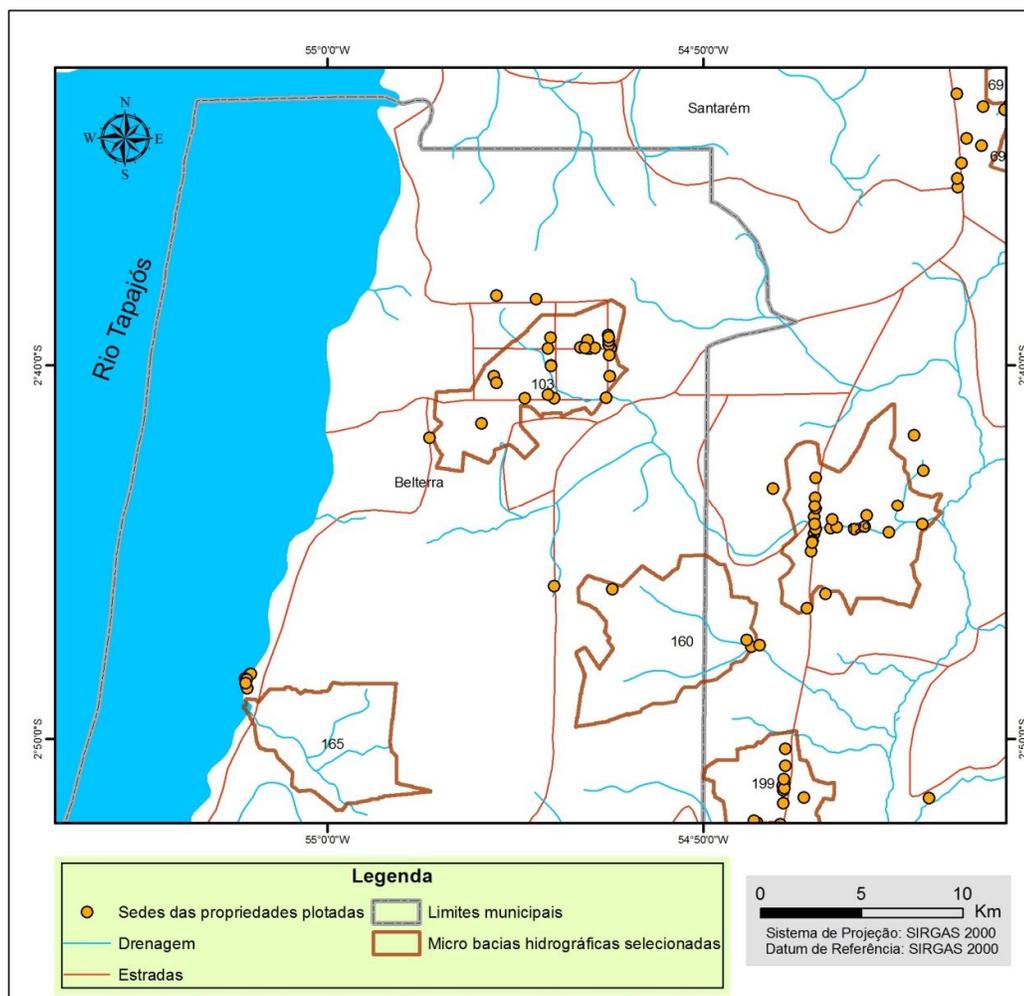
2.3 Delimitação das propriedades

A partir do Módulo 1 do questionário socioeconômico ambiental extraíram-se as coordenadas das sedes de todas as propriedades entrevistadas, que foram espacializadas no formato geométrico de ponto em um ambiente de SIG a partir do *software* de geoprocessamento ArcGIS 9.3.1⁸. O mapa 3 ilustra uma parte deste conjunto de dados plotados, juntamente com outras camadas vetoriais de apoio, como o limite municipal, bacias hidrográficas selecionadas para o estudo, drenagem e estradas.

Utilizaram-se também como informações complementares imagens de satélite de média e alta resolução, conforme disponibilidade, além do cadastro ambiental das propriedades, que foi baixado em Pará, SEMA (2012).

⁸ É um pacote de software ESRI (*Environmental Systems Research Institute*) voltado para a elaboração e manipulação de informações vetoriais e matriciais para o uso e gerenciamento de bases temáticas. Dentro deste pacote tem-se o ArcMap (comumente chamado de ArcGIS), que é um software de interface gráfica e amigável, onde se sobrepõe os diversos planos de informação vetorial e matricial, além de objetos gráficos, fontes e figuras, com a finalidade de mapeamento temático, pesquisas e análises espaciais, criação e edição de dados, permitindo assim sua rápida pesquisa, visualização, análise, edição, padronização e impressão. O ArcGIS é um software de SIG voltado para a elaboração de mapas, consultas e análises geocomputacionais (SANTOS, 2008).

Mapa 3 – Espacialização das sedes das propriedades entrevistadas, região de Santarém-PA



Fonte: Processamentos do próprio autor, a partir de RAS (2012).

A Figura 1 ilustra o Módulo 1, a partir do qual são extraídas as coordenadas geográficas no formato UTM, ressaltando que a região de Santarém encontra-se no Fuso 21 e a de Paragominas nos Fusos 22 e 23.

Neste módulo, também estão contidas informações como o tempo início e final de aplicação do questionário, nome da vila/comunidade que está inserido o estabelecimento, município, local da entrevista, existência ou não de transecto amostral de campo na propriedade e a identificação das pessoas que ajudaram a responder o questionário.

Figura 1 – Módulo 1 do questionário destacando as coordenadas projetadas

The screenshot shows a web browser window with the URL `200.129.189.81:8080/questionario/pages/entrevista.List.jsf`. The page features the Embrapa logo and a header for the project: "EMBRAPA, Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém - PA. Projeto Sustentabilidade dos usos da terra na Amazônia Brasileira - Levantamento socioeconômico rural PARAGOMINAS, PA - 2011".

The form includes the following fields and values:

- Data da Entrevista*: 18/10/2010
- Início (hs)*: 10:43
- Término (hs)*: 12:10
- Entrevistador*: Alessandra Gomes / Amanda Alves
- Nome da Vila/Comunidade*: Baixa da Onça
- Município*: Santarém
- Estrada/km*: Estrada Santarém-Jabuti
- Nome da Propriedade*: Sítio Seu Gregório
- UTM X (da sede)*: 744795
- UTM Y*: 9684077
- Local de Entrevista*: Na Propriedade Outro Lugar
- Número na Lista Completa do mapeamento*: 199
- Número do Protocolo*: 199005001
- Transecto(s) na propriedade?: Não Sim, qual/qualis:

At the bottom, there is a section for listing assistants with a table:

Nome do Ajudante	Relação com Entrevistado
Vera	Filha

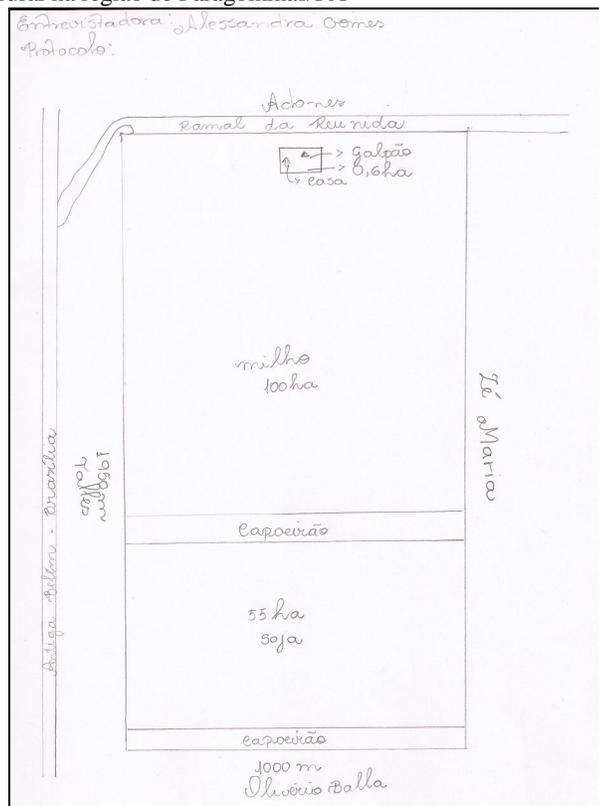
Fonte: RAS (2012).

Em seguida, foram cotejadas as informações do “mapa participativo”, disponível no Módulo 2 do questionário, que apresenta as dimensões das propriedades e localização das sedes, visando a elaboração do produto final, que constituiu-se na espacialização dos limites dos estabelecimentos em formato de polígono. A Figura 2 mostra o resultado do mapeamento participativo para um estabelecimento rural na região de Paragominas e a 3 para a região de Santarém /PA.

Dessa forma, estes foram os insumos utilizados para a geração do arquivo vetorial *shapefile* (shp) de todos os polígonos possíveis dos estabelecimentos entrevistados, sendo mais uma etapa na busca de integração de dados e explicações das trajetórias tecnológicas a partir do ferramental geotecnológico, efetuando-se também as estatísticas descritivas⁹ pertinentes, a fim de comparar os padrões encontrados para cada região.

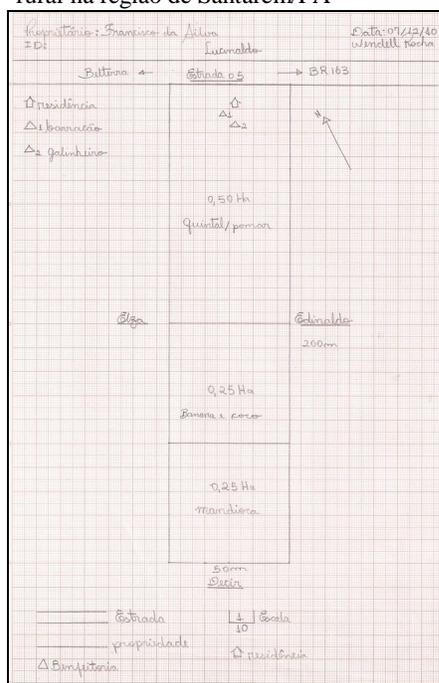
⁹ Segundo Conceição; Alencar; Alencar (2012) após a coleta e a digitação em um banco de dados apropriado, o próximo passo é a análise descritiva. Esta etapa é fundamental, pois uma análise descritiva detalhada permite ao pesquisador familiarizar-se com os dados, organizá-los e sintetizá-los de forma a obter as informações necessárias do conjunto de dados para responder as questões que estão sendo investigadas. Tradicionalmente, a análise descritiva limitava-se a calcular algumas medidas de posição e variabilidade, mas no final da década de 70, Tukey criou uma nova corrente de análise. Utilizando principalmente técnicas visuais, buscando descrever quase sem utilizar cálculos, alguma forma de regularidade ou padrão nos dados, em oposição aos resumos numéricos. Nessa etapa, são produzidas tabelas, gráficos e medidas-resumo que descrevam a tendência dos dados, quantifiquem a sua variabilidade, permitam a detecção de estruturas interessantes e valores atípicos no banco de dados.

Figura 2 – Mapeamento do Módulo 2 em estabelecimento rural na região de Paragominas/PA



Fonte: RAS (2012).

Figura 3- Mapeamento do Módulo 2 em estabelecimento rural na região de Santarém/PA



Fonte: RAS (2012).

2.4 Classificação via sensoriamento remoto

Utilizaram-se dois tipos de classificação de uso e cobertura da terra via sensoriamento remoto, conforme metodologia que será detalhada nos tópicos 2.4.1 e 2.4.2, sendo a primeira efetuada pelo próprio autor e a segunda usando dados secundários provenientes do projeto *TerraClass*, executado pelo INPE.

2.4.1 Classificação não Supervisionada Isodata (Dados Primários)

O método de classificação *isodata* é, provavelmente, o mais conhecido e é descrito como um meio de interpretação de imagens assistida por computador. O programa de classificação identifica padrões típicos nos níveis de cinza. Neste tipo de classificação, as classes são determinadas pela análise de agrupamentos ("*cluster analysis*"). Os pixels nas áreas de treinamento são, então, submetidos a algoritmos de agrupamento ("*clustering*"), que determinam o agrupamento natural dos dados, considerando sua distribuição num espaço de **n** dimensões (no caso, bandas espectrais). Possui como vantagem não requerer um conhecimento prévio da área de estudo (SULSOFT, 2006).

As classes finais de uso e cobertura do solo definidas nesta Tese foram 8, que são: **água**, corpos d'água indistintos sendo agrupadas as seguintes classes: rios, lagos, igarapés, ou outro corpo d'água registrado nas imagens; **agropecuária**, incluindo as seguintes classes temáticas: agricultura, pastagem e solo exposto; **três níveis de capoeira**, que é a regeneração da floresta anteriormente antropizada, em que foram categorizadas em **capoeira inicial (capoeira 1)**, com idade entre 1 e 5 anos, formada por pequenas árvores de troncos finos, **capoeira intermediária (capoeira 2)**, com idade entre 6 e 10 anos, e **capoeira avançada (capoeira 3)**, com idade acima de 10 anos, vulgarmente conhecidos como "capoeirão", constituindo-se em sucessão ecológica mais avançada; **floresta**, incluindo todos os "tipos de vegetação", apresentando poucos ou ausência de vestígios de interferência humana; e as classes de **nuvem** e **área urbana**.

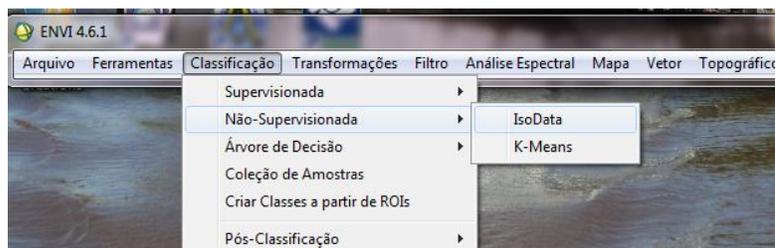
As classes de uso do solo são definidas conforme os interesses do usuário, e ao se classificar uma imagem, assume-se que objetos/alvos diferentes apresentam propriedades espectrais diferentes e que cada ponto pertence a uma única classe. Além disso, os pontos representativos de uma certa classe devem possuir padrões próximos de tonalidade, cor e textura (FIGUEIREDO, 2005).

Para os fins desta Tese, a classificação efetuada está em consonância com os dados que se pretende extrair dos insumos matriciais. Para uma melhor compreensão dos procedimentos computacionais inerentes à *isodata* são apresentados a seguir, os passos da execução desse processo no *software* ENVI 4.6 (*Environmental for Visualizing Images*).

Após o georreferenciamento e seleção da área de estudo, efetuou-se a classificação das imagens, visando obter as classes de uso de solo e vegetação.

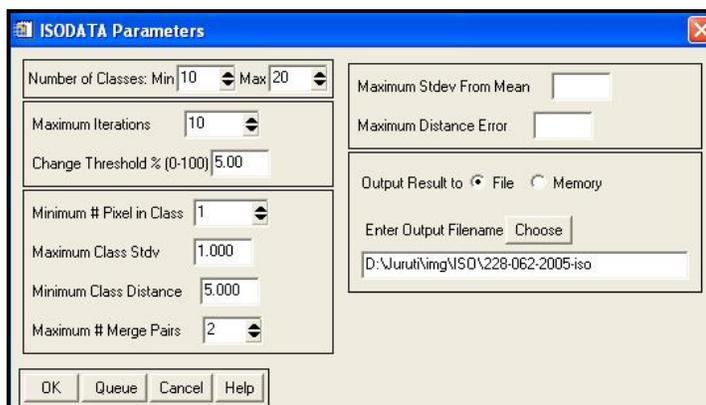
No menu de Registro do *software* ENVI 4.6, selecionou-se a opção “*Isodata*”, no submenu “*Não-Supervisionada*” (Figura 4). Em seguida, apareceu a caixa de diálogo do arquivo de entrada para a classificação (Figura 5). Determinou-se o número de classes para as quais o computador deve calcular o algoritmo de grupamento, adotando como número mínimo, 10 e número máximo, 20 classes, e 10 interações (repetições do processo), a cada interação recalcularam-se e reclassificaram-se os pixels, considerando os novos valores médios.

Figura 4 – Menu principal do ENVI 4.6.1



Fonte: Processamentos do próprio autor.

Figura 5 – Caixa de diálogos dos parâmetros de classificação isodata

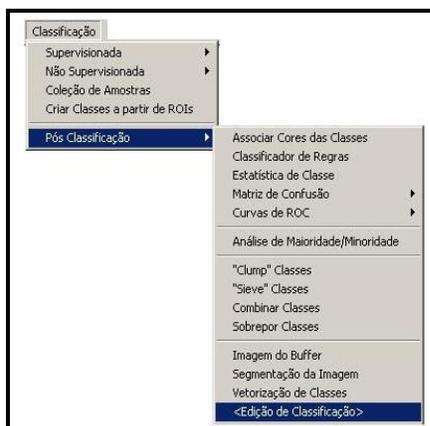


Fonte: Processamentos do próprio autor.

A interpretação e refinamento da classificação foi utilizada no ambiente gráfico do *ClassEdit* do ENVI 4.6, que possibilita ao usuário corrigir áreas que foram interpretadas

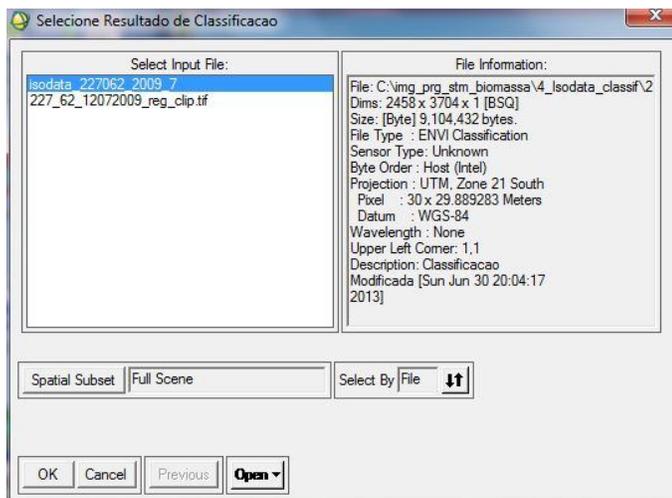
incorretamente no processo de classificação. Sua idéia básica é a de um simples editor de valores digitais, onde uma classe é representada pelo valor numérico do *pixel*, e esse *pixel* pode ser atribuído à uma outra classe, simplesmente mudando o seu valor numérico. O *ClassEdit* é iniciado pelo menu de funções interativas (na janela principal), seguindo os passos conforme mostrado na Figura 6; os dados de entrada são as três bandas R, G, B da imagem original, e o resultado de classificação (Figura 7).

Figura 6 – Passos para habilitar o aplicativo *ClassEdit*



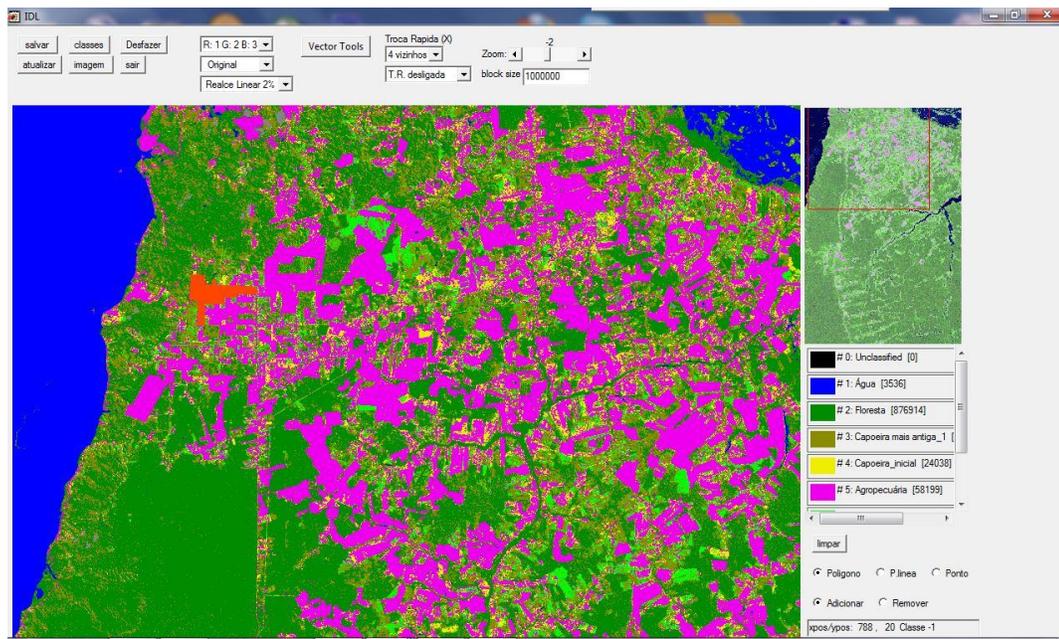
Fonte: Processamentos do próprio autor.

Figura 7 – Seleção da imagem de entrada e resultado de Classificação



Fonte: Processamentos do próprio autor.

A imagem reamostrada sempre aparece com a combinação de bandas escolhida na inicialização do *ClassEdit*, após aplicado um realce linear de 2%. A tela de abertura do módulo contendo seus elementos gráficos é mostrada na Figura 8.

Figura 8 – Tela de apresentação do *ClassEdit*

Fonte: Processamentos do próprio autor.

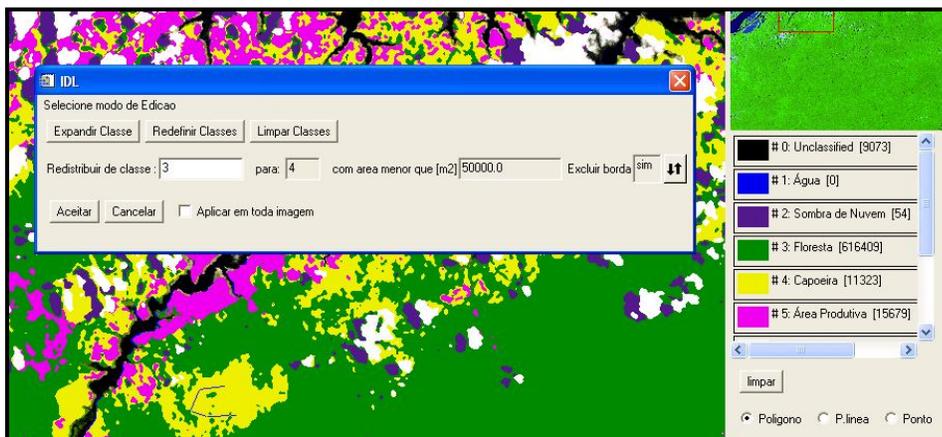
O objetivo do *ClassEdit* é poder modificar o resultado de classificação. Para poder efetuar isso com a máxima eficiência, dispõe de opções poderosas e versáteis de visualização e edição, permitindo a seleção de um fundo (por exemplo a imagem original R,G,B; a imagem filtrada; uma banda só, etc.) e de qualquer combinação de classes para ser sobreposta ao fundo.

Uma vez identificados os *pixels* aparentemente "errados" na classificação, existem essas possibilidades para reclassificá-los:

- 1) Marcando os *pixels* com a seleção tipo "Polilínea" ou "Ponto", e associando uma nova classe à todos os *pixels* marcados ("Expandir classe");
- 2) Traçando um polígono ao redor dos *pixels*, e associando uma nova classe à todos os *pixels* dentro do polígono ("Expandir classe");
- 3) Traçando um polígono ao redor dos *pixels*, e redefinindo determinados *pixels* a partir de critérios escolhidos pelo usuário ("Redefinir Pixels").

Nos primeiros dois métodos o usuário apenas escolhe a nova classe a ser associada à todos os *pixels* no polígono. No terceiro método aparece uma janela oferecendo as seguintes opções (Figura 9):

Figura 9 – Janela de modo de exibição de Classes



Fonte: Processamentos do próprio autor.

No terceiro método de reclassificação destacam-se as seguintes funções:

a) Função Redistribuir classe: Aqui o usuário pode definir quais a(s) classe(s) que serão afetadas pela redistribuição;

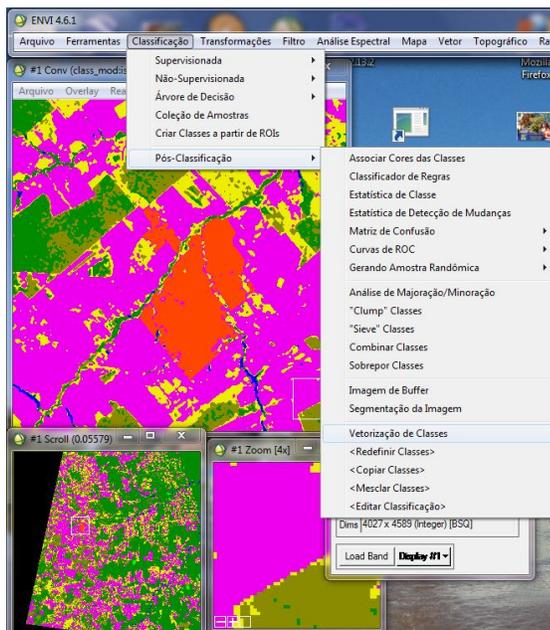
b) Função Para: Aqui consta a nova classificação dos pixels selecionados;

c) Função com Área Menor que (m^2): Neste campo o usuário pode definir um limite para as áreas a serem modificadas;

d) Função Excluir borda: Com a opção Excluir borda: sim (o padrão) as áreas cortadas pelo contorno do polígono serão automaticamente descartadas (inalteradas).

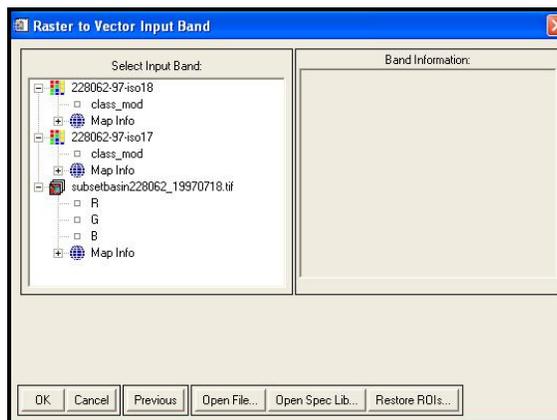
Após o término da reclassificação, o produto final apresentou ruído, devido a presença de pixels isolados, sendo necessário a homogeneização da classificação. Para isso, aplicou-se um filtro mediano 3x3 que visa justamente diminuir o ruído apresentado nas imagens, onde o *pixel* central da máscara é substituído pelo valor mediano dos seus vizinhos, tendo como vantagem preservar as bordas na imagem, além de homogeneizar a imagem final. Em seguida, exportou-se a imagem (raster) para vetor, segundo é apresentado na Figura 10.

Figura 10 – Conversão de raster para vetor



Fonte: Processamentos do próprio autor.

Aparece a caixa “*Raster to Vector Input Band*” (Figura 11), onde deve ser escolhida a imagem a converter.

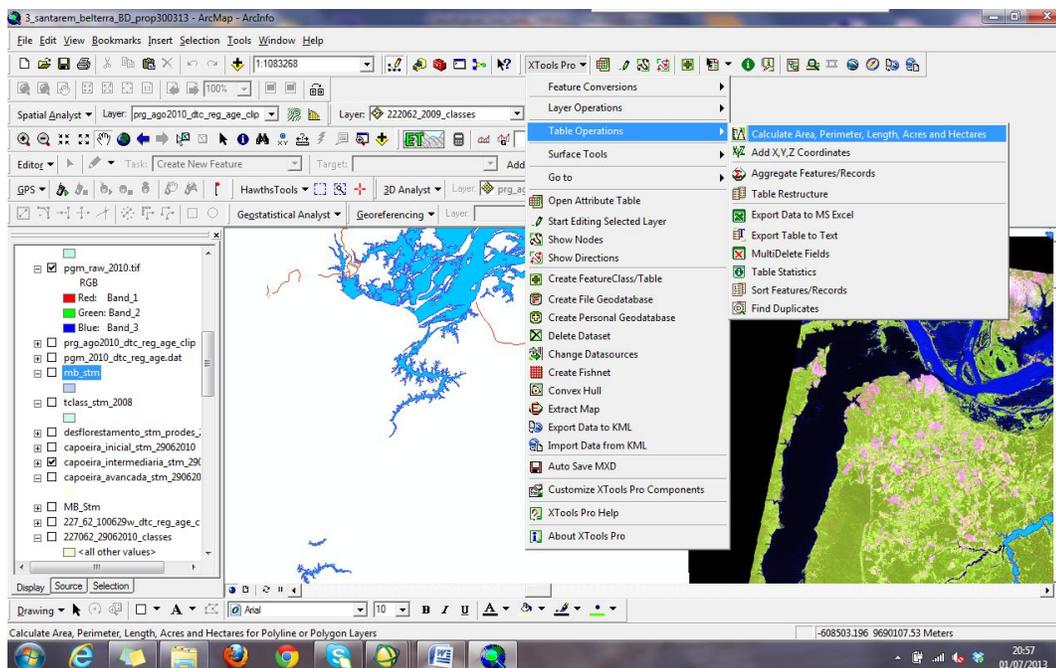
Figura 11 – Janela “*Raster to Vector Input Band*”

Fonte: Processamentos do próprio autor.

As classes temáticas, em formato *shapefile* foram abertas no programa *ArcGis 9.3.1* e com a utilização da extensão “*Xtools Pro 5.1*” quantificou-se as áreas de cada classe temática. Os passos para executar a operação foram inicialmente, habilitar a extensão “*Xtools Pro 5.1.0*”, clicar na opção “*Table Operations*”, aparecendo uma paleta de opções, onde se

escolheu “*Calculate Area, Perimeter, Length, Acres and Hectares*”, conforme é mostrado na Figura 12.

Figura 12 – Procedimento para cálculo de áreas no programa ArcGIS 9.3.1



Fonte: Processamentos do próprio autor.

A avaliação da qualidade do mapeamento executado (classificação *isodata*) aplicou o índice de kappa, que baseou-se nos transectos georreferenciados, considerados como verdade de campo, definidos pelo Projeto Rede Amazônia Sustentável (RAS).

2.4.2 Projeto *TerraClass* (Dados Secundários)

O projeto *TerraClass* objetiva mapear o uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas da Amazônia Legal Brasileira, através do uso de imagens orbitais. Trata-se de um sistema de classificação hierárquica que utiliza informações de vegetação, ambiente, tipo e condição da cobertura local, dentre outras características, para a geração de uma legenda que transmita através das classes um conjunto de informações que descreva sem ambiguidades as características da área mapeada (INPE, 2009b).

Ainda segundo INPE (2009b), áreas consideradas como floresta pelo Projeto PRODES, também de responsabilidade do INPE, foram excluídas deste estudo, ainda que nestas áreas possa existir vegetação secundária, fruto de processos de extração seletiva de madeira, queimada ou outras fontes de degradação da floresta. Segundo Câmara; Valeriano; Soares (2006), o inventário de perda de floresta primária por corte raso realizado

anualmente pelo PRODES considera 6 classes: floresta, não-floresta, hidrografia, nuvem, extensão desflorestada e desflorestamento do ano.

Uma vez mapeadas como desflorestadas, as áreas não podem ser remapeadas nos inventários futuros em nenhuma das classes consideradas pelo PRODES, por isso, há a necessidade de análises adicionais para entender qual o uso atribuído às áreas desmatadas na Amazônia. Para cada órbita/ponto das cenas mapeadas, um banco de dados foi criado no aplicativo Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING) desenvolvido por pesquisadores do INPE. Este banco de dados é formado pelas máscaras de desflorestamento, a mesma cena utilizada no inventário do PRODES e as componentes: sombra, solo e vegetação resultante do modelo linear de mistura espectral (MLME).

Segundo EMBRAPA; INPE (2011), os resultados deste projeto registram avanços tecnológicos e metodológicos promovidos no âmbito de monitoramento via sensoriamento remoto e marcam novos arranjos institucionais e ampliação da sinergia, permitindo a execução de avaliações da situação do uso e cobertura da terra em distintos recortes territoriais como, por exemplo, o regional, estadual, municipal, bacias hidrográficas e estabelecimentos rurais. As classes temáticas geradas são:

a) Agricultura anual: áreas extensas com predomínio de ciclo anual, sobretudo de grãos, com emprego de padrões tecnológicos elevados, tais como uso de sementes certificadas, insumos, defensivos e mecanização, entre outros;

b) Mosaico de ocupações: áreas representadas por uma associação de diversas modalidades de uso da terra e que devido à resolução espacial das imagens de satélite não é possível uma discriminação entre seus componentes. Nesta classe, a agricultura familiar é realizada de forma conjugada ao subsistema de pastagens para criação tradicional de gado;

c) Área urbana: manchas urbanas decorrentes da concentração populacional formadora de lugarejos, vilas ou cidades que apresentam infraestrutura diferenciada da área rural apresentando adensamento de arruamentos, casas, prédios e outros equipamentos públicos;

d) Mineração: áreas de extração mineral com a presença de clareiras e solos expostos, envolvendo desflorestamentos nas proximidades de águas superficiais;

e) Pasto limpo: áreas de pastagem em processo reprodutivo com predomínio de vegetação herbácea, e cobertura de espécies de gramíneas entre 90% e 100%;

f) Pasto sujo: áreas de pastagem em processo produtivo com predomínio da vegetação herbácea e cobertura de espécies de gramíneas entre 50% e 80%, associado à presença de vegetação arbustiva esparsa entre 20% e 50%;

g) Regeneração com pasto: áreas que, após o corte raso da vegetação natural e o desenvolvimento de alguma atividade agropastoril, encontram-se no início do processo de regeneração da vegetação nativa, apresentando dominância de espécies arbustivas e pioneiras arbóreas. São caracterizadas pela alta diversidade de espécies vegetais;

h) Pasto com solo exposto: áreas que, após o corte raso da floresta e o desenvolvimento de alguma atividade agropastoril, apresentam uma cobertura de pelo menos 50% de solo exposto;

i) Vegetação secundária: áreas que, após a supressão total da vegetação florestal, encontram-se em processo de regeneração da vegetação arbustiva e/ou arbórea ou que foram utilizadas para a prática de silvicultura ou agricultura permanente com uso de espécies nativas ou exóticas;

j) Outros: são áreas que não se enquadravam nas chaves de classificação e apresentavam um padrão de cobertura diferenciada de todas as classes do projeto, tais como afloramentos rochosos, praias fluviais, bancos de areia entre outros;

l) Área não observada: áreas que tiveram sua interpretação impossibilitada pela presença de nuvens, no momento da passagem para aquisição das imagens de satélite, além das áreas recentemente queimadas.

Outras 4 classes do Projeto Programa de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal (PRODES) foram utilizadas:

a) Floresta: vegetação arbórea pouco alterada ou sem alteração, com formação de dossel contínuo;

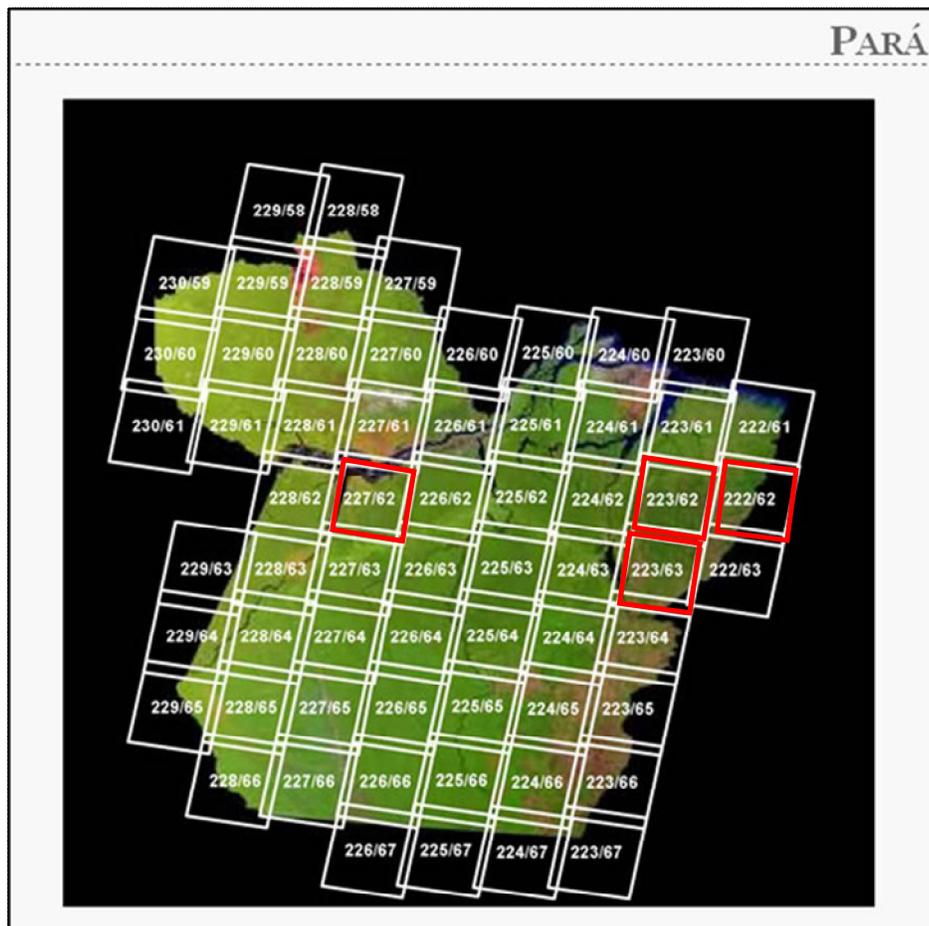
b) Não floresta: formação vegetal natural não florestal com características de cerrado, campinas ou campinaranas mapeadas pelo PRODES;

c) Hidrografia: águas superficiais formadoras de espelhos d'água;

d) Desflorestamento 2008/2010: áreas mapeadas pelo PRODES como desflorestamento no ano de 2008/2010.

Dessa forma, um total de 15 classes temáticas foi inserido na categoria Uso e Cobertura da Terra. Esses dados estão disponíveis em INPE (2011b), sendo que para a região de Santarém utilizou-se os dados na órbita/ponto 227/062, que é a que recobre esta região, com data de passagem em 27/09/2008 e 29/06/2010, e para a de Paragominas a 222/062, 223/062 e 223/063, adquiridas em 26/10/2008 e 14/09/2010, 01/10/2008 e 03/07/2010, 14/08/2008 e 05/09/2010, respectivamente. A localização dessas 4 cenas (polígonos em vermelho) que recobrem a área de estudo no estado do Pará são apresentadas na Figura 13.

Figura 13 – Órbitas-ponto das áreas investigadas



Fonte:INPE (2011b).

3 TRAJETÓRIAS TECNOLÓGICAS

Conformadores da regionalidade e territorialidades brasileiras, os sistemas agrários são constituídos por trajetórias tecnológicas. Os sistemas agrários são configurações territorialmente delimitadas, delineadas por concorrência (ARTHUR, 1994) e cooperação (NALEBUFF; BRANDENBURGER, 1996) dinâmicas entre trajetórias tecnológicas em torno dos recursos naturais e institucionais ali prevalentes. Dos sistemas agrários fazem parte arranjos institucionais que determinam como os recursos naturais, de conhecimento laboratorial e de cultura tecnológica são produzidos e distribuídos, das quais relações fundiárias, regras e mecanismos de acesso a sistemas de inovação, como o crédito e organizações de assistência técnica, são expressões (COSTA, 2009c).

Dosi (2006) argumenta que a busca de soluções para determinados problemas tecnológicos tenderia, normalmente, a concentrar-se nos entornos das soluções já conhecidas e nos esforços para aperfeiçoamento dos conhecimentos relevantes para essas soluções.

Dosi (2006) definiu trajetória tecnológica como um padrão usual de atividades que resolvem, com base em um paradigma tecnológico, os problemas produtivos e reprodutivos que confrontam os processos decisórios de agentes concretos, em contexto específico, nas decisões econômica, institucional e social. Para Sicsú (2006) uma trajetória tecnológica, i.e(...), a atividade ‘normal’ de solução de problemas determinada por um paradigma, pode ser representada pelo movimento de *trade-offs* multidimensionais entre as variáveis tecnológicas que o paradigma define como relevantes.

Além dos condicionantes econômicos, sociais e políticos realçados por Dosi (2006), Costa (2009b) ressalta o contexto ecológico, ou seja, o papel da base natural na configuração de paradigmas tecnológicos e suas trajetórias e que a presença imediata da natureza como força produtiva faz a principal diferença entre os setores da produção rural e a indústria.

Contextualizando a base ecológica nos processos industriais, a natureza está presente predominantemente como “natureza morta”. Mas há inúmeras atividades produtivas que se realizam em interação com a natureza viva, onde a capacidade produtiva co-determina o resultado do processo produtivo. Como matéria-prima, a natureza é objeto inerte do trabalho humano; como uma força produtiva, capacidade ativa e, como tal, “capital natural”.

A presença imediata da natureza como força produtiva faz a principal diferença entre a agricultura, ou melhor, entre os setores da produção rural, e a indústria. Goodman; Wilkinson (1988) demonstram duas grandes trajetórias de industrialização do rural: a representada por um conjunto de soluções tecnológicas que se sucedem como esforço industrial de apropriação

de papéis desempenhados pela natureza e outra, por um conjunto de soluções que buscam substituir produtos da natureza viva por produtos inorgânicos e obtidos em laboratório (isto é, industrialmente). Hayami e Ruttan (1980) apud Costa (2010), por seu turno, observam que nesses processos a mecânica e a química têm papéis destacados, sendo a primeira o fundamento das soluções onde há abundância de terra e a segunda, onde esse fator é limitado. Percebe-se o domínio de um paradigma tecnológico por meio da composição de trajetórias tecnológicas marcadas pelo uso intensivo da mecânica e da química e pela formação dos sistemas botânicos e biológicos homogêneos necessários.

Considerando o elevado nível de incerteza que cerca a adoção de tecnologias, o ambiente institucional assume particular relevância na configuração de trajetórias tecnológicas, desde o interesse econômico das organizações, passando pelas respectivas histórias e acúmulos de *expertise*, até variáveis institucionais *stricto sensu*, como agências públicas e interesses geopolíticos.

Segundo Costa (2011; 2012), a noção de paradigma tecnológico aplicada à produção rural na Amazônia refere-se às atitudes fundamentais mediante a base natural da região: num extremo, as formas de produção que pressupõem a manutenção da natureza originária (o bioma florestal amazônico); em outro, as formas de produção que pressupõem a transformação da natureza originária. De tais posturas derivam as soluções técnicas e institucionais (conjuntos de procedimentos que se constroem no tempo em concatenações próprias de trajetórias, em que as decisões passadas influem no presente e, as do presente, condicionam o futuro) para os processos produtivos realizados em condições particulares que, ao mesmo tempo em que suprem as necessidades sociais de um conjunto dado de produtos rurais, são soluções moldadas para atender aos anseios privados dos agentes que gerenciam esses processos produtivos.

Costa (2012) afirma que na Amazônia muitos atores privados, com o suporte de instituições do Estado, têm, historicamente, aportados à região com matrizes de conhecimento – tanto tecnológico, quanto de gestão e intervenção social – inadequada às suas especificidades. Outro ponto importante é o imobilismo e marginalidade das populações tradicionais – com isso, inovações institucionais que reorientem caminhos e culturas das organizações e induzam os agentes a comportamentos adequados a um desenvolvimento moderno são necessários e urgentes.

Agentes camponeses e patronais têm modelos próprios de avaliação da consistência intertemporal e interespaçial de suas decisões, que os diferenciam intrinsecamente em seus

modos de produzir, a par das capacidades respectivas de acesso a instituições e ao conhecimento: de acesso a ‘capital natural’ (como propriedade contestável ou não), a ‘capital físico’, ‘a capital humano’ e a ‘capital social’. Mutuamente determinadas, essas diferenças estabelecem modos próprios de ver e usar a natureza: se como matéria-prima ou como força produtiva – na condição de relações edafo-climáticas ou na condição de bioma florestal (COSTA, 2012).

Os agentes camponeses são caracterizados pela centralidade da família nos processos decisórios, seja como definidora das necessidades reprodutivas, que estabelecem a extensão e a intensidade do uso da capacidade de trabalho de que se dispõe, seja como determinante no processo de apropriação de terras nas sagas de fronteira, para os quais a “eficiência reprodutiva” (COSTA, 1995, 2005, 2007) não elimina, mas subordina a “eficiência marginal do capital” (KEYNES, 1967; PRADO, 1993 apud COSTA (2010) nas decisões econômicas fundamentais. Os agentes patronais, os quais dependem do trabalho assalariado e, por isso, do grau de desenvolvimento do mercado de trabalho, resultam de processos de apropriação da terra e dos recursos da natureza definidos pelo poder econômico de seus titulares, que se comportam orientados predominantemente por avaliações da “eficiência marginal do capital”.

As interações dinâmicas entre necessidades sociais e privadas, de um lado, e procedimentos técnicos e institucionais, de outro, realizadas nos processos produtivos de produtos particulares, se fazem, assim, em confronto concorrencial entre as trajetórias tecnológicas de um paradigma tecnológico – de realização de uma ontologia (ferramenta utilizada para representar o conhecimento relativo a um domínio de conhecimento e tem o objetivo de estabelecer um vocabulário comum a uma comunidade de interesse) de relações com a natureza. É um resultado desse entendimento, de considerável valor experimental, é o de que toda produção se faz como parte de alguma trajetória – portanto, produtos são fenômenos de trajetórias. Por isso, qualificar a produção, considerando o grande número de variáveis disponibilizadas pelos 11 módulos que constam nos questionários socioeconômicos ambientais aplicados em 479 estabelecimentos rurais, tal qual Costa o fez a partir dos dados disponibilizados pelos censos agropecuários do IBGE para a região Norte, pode ser o caminho para se chegar à compreensão das trajetórias que lhes são subjacentes (Modificado de COSTA, 2011).

3.1 Tipos de trajetórias tecnológicas

Numa análise que confrontou 4 modelos multivariados que explicitavam os fundamentos produtivos e os resultados da produção com 443.570 estabelecimentos rurais da região Norte de acordo com o censo agropecuário de 1995-1996¹⁰, dos quais 93% camponeses e 7% patronais, Costa (2007, p. 141-142) demonstra que tais diferenças caracterizam claramente dois “projetos” de desenvolvimento de base rural na Amazônia, os quais “[...] diferenciam-se nas formas de tratamento do capital natural (cuja referência primordial é o bioma da floresta amazônica), [...] e nas proporções de uso de capital físico e de trabalho”.

Costa (2010) estabeleceu a diversidade de agentes e estruturas que conformam a dinâmica agrária na região Norte com base nas respectivas especificidades de razões e processos decisórios (racionalidades) que, por uma parte, emergem de relações sociais próprias, por outra, conformam relações técnicas particulares, profundamente marcadas pela diversidade de fundamentos naturais e institucionais que, por seu turno, formam o piso e o entorno de suas existências. E detectou seis trajetórias em evolução na Amazônia, três camponesas e três patronais, que são: T1 camponês (dominância de culturas permanentes e produção de leite), T2 camponês (dominância de sistemas agroflorestais com forte presença de extração de produtos não madeireiros), T3 camponês (dominância de pecuária de corte), T4 patronal (dominância de pecuária de corte), T5 patronal (plantações de culturas permanentes em forma de *plantation*¹¹) e T6 patronal (dominância de silvicultura). As suas principais características são:

a) ‘Trajetória Camponês.T1’ reúne o conjunto de sistemas camponeses que convergem para sistemas com dominância de culturas permanentes e produção de leite, marcada por uso intensivo do solo, com sistemas diversificados (baixo impacto na biodiversidade) e baixa formação de dejetos/impacto poluidor, explica 27% do VBPR, 38% do emprego, 10% da área degradada e 11% do balanço líquido de carbono. A economia em torno dessa trajetória cresce em termos absolutos a 5% a.a., com rentabilidade crescente nos últimos tempos a 2,5% a.a., por trabalhador a 4,3% a.a. e por área a 0,3% a.a.;

¹⁰A realização do Censo Agropecuário 1995-1996 teve como referência o período de 01.08.1995 a 31.07.1996 e as datas de 31.12.1995 e 31.07.1996. Os resultados estão disponíveis em meio impresso, num volume contendo dados relativos às características nível Brasil, em Unidades da Federação, nível municipal, através de tabelas, gráficos, cartogramas e no banco de dados do IBGE - SIDRA, nos temas: Agricultura, Pecuária, Horticultura, Silvicultura e Extração Vegetal (IBGE, 2012).

¹¹Representam extensas áreas agrícolas plantadas com uma mesma cultura (IBGE, 2006).

b) ‘Trajetória Camponês.T2’ reúne o conjunto de sistemas camponeses que convergem para sistemas agroflorestais com dominância ou forte presença de extração de produtos não madeireiros. Explica 21% do VBPR, 26% do emprego, 3,5% da área degradada e 2,6% do balanço líquido de carbono. A economia em torno dessa trajetória cresce em termos absolutos a 12% a.a., com rentabilidade crescente nos últimos tempos, por trabalhador a 12,7% e por área a 11,4%. Observe-se que esta seria uma trajetória expressão de um ‘paradigma agroflorestal’ – no qual os processos produtivos pressupõem, em algum nível, a preservação da natureza originária;

c) ‘Trajetória Camponês.T3’ reúne o conjunto de sistemas camponeses que convergem para sistemas com dominância de pecuária de corte. Explica 19% do VBPR, 28% do emprego, 14% da área degradada e 12,5% do balanço líquido de carbono. A economia em torno dessa trajetória cresce em termos absolutos a 7% a.a., com rentabilidade crescente nos últimos tempos a 7,8% a.a., por trabalhador a 8% e por área a 5%;

d) ‘Trajetória Patronal.T4’ reúne o conjunto de sistemas de produção em operação em estabelecimentos patronais que convergem para pecuária de corte. Marcada por uso extensivo do solo, homogeneização da paisagem (alto impacto na biodiversidade) e formação intensa de dejetos, explica 25% do VBPR, 11% do emprego, 70% da área degradada e 71% do balanço líquido de carbono. A economia em torno dessa trajetória cresce em termos absolutos a 5,1% a.a., com rentabilidade crescente nos últimos tempos a 8,4% a.a., por trabalhador a 9% e por área a 6,2%;

e) ‘Trajetória Patronal.T5’ reúne o conjunto de sistemas patronais que convergem para plantações de culturas permanentes em forma de *plantation*, marcada por uso intensivo do solo, com homogeneização da paisagem (alto impacto na biodiversidade) e baixa formação de dejetos/impacto poluidor. Explica 6% do VBPR, 2% do emprego, 2% da área degradada e 3% do balanço líquido de carbono. A economia da trajetória cresce em termos absolutos a 2,5% a.a., com rentabilidade crescente nos últimos tempos a 7,2% a.a., por trabalhador a 5,7% e por área a 4,1%;

f) ‘Trajetória Patronal.T6’ reúne o conjunto de sistemas patronais de silvicultura. Marcada por uso extensivo do solo, com homogeneização da paisagem (alto impacto na biodiversidade) e baixa formação de dejetos/impacto poluidor. Explica 2% do VBPR, 0,2% do emprego, 0% da área degradada e 0% do balanço líquido de carbono. A economia em torno dessa trajetória decresce em termos absolutos a -2,9% a.a., com rentabilidade fortemente decrescente por trabalhador a -11% e por área a -20%.

3.1.1 Mutação da Trajetória Patronal T4 para T7

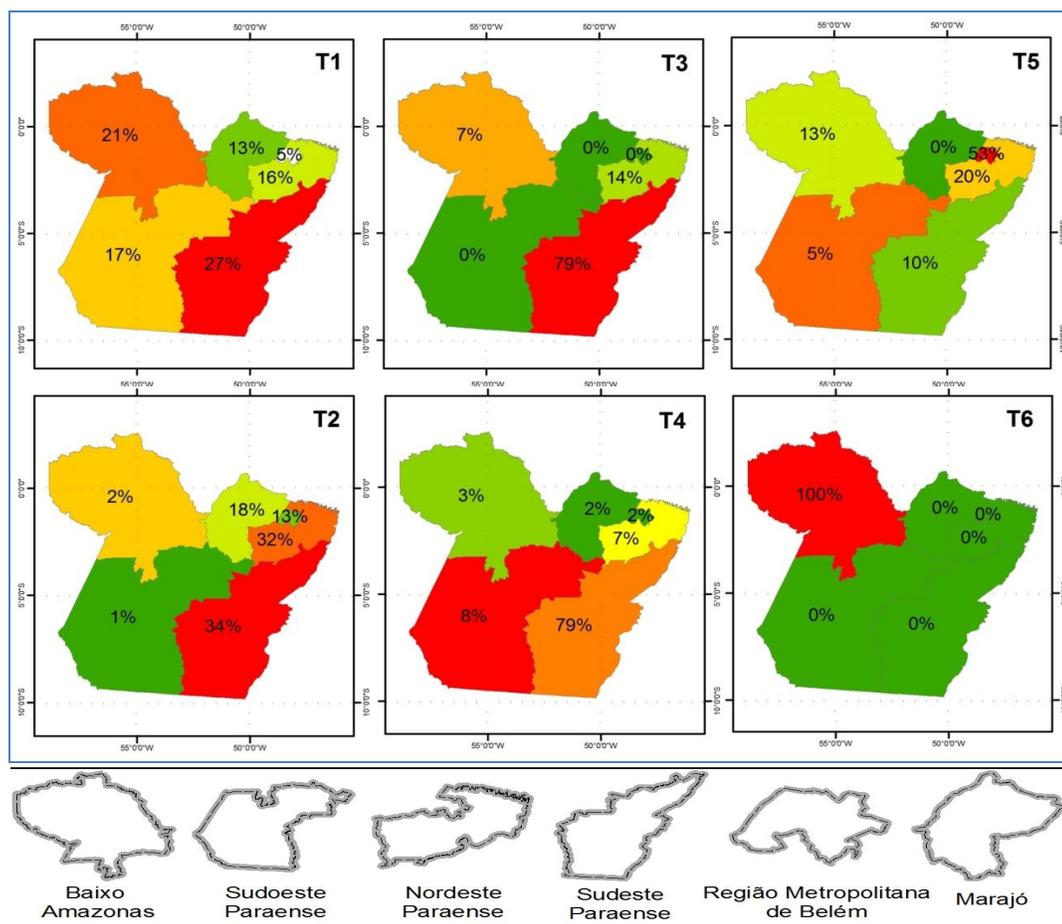
A partir de 2006, a Trajetória Patronal T7 se materializou a partir da Patronal T4. Da segunda, deslocaram-se agentes que constituíram a primeira. Ou, novos agentes adentraram o setor rural na região Norte, substituindo, nos mesmos terrenos, os agentes da T4 por empreendimentos característicos da T7, ou, estes se expandem nas regiões daqueles – nas microrregiões onde evoluía tradicionalmente a T4, agora se agregam novos estabelecimentos. Segundo Costa (2012), essa nova trajetória encontrava-se embrionária quando da realiza o do censo agropecuário 1995-1996.

Em um primeiro movimento, uma sequência que se inicia com a explora o de produtos madeireiros, passa em seguida para o plantio de culturas temporárias para desembocar, finalmente, na pecuária de corte; em um segundo movimento, dessa última atividade, fluem os elementos que reiniciam a mesma sequência em outro espaço. O grupo de produtos da pecuária de corte constitui o centro da convergência: ponto de chegada e de partida, posto que dela originam-se os agentes que restabelecem um ciclo que requer sempre novos espaços. O ponto de mudança desta trajetória observado por Costa (2012) foi o aumento da participa o das culturas temporárias (duplica o) ao comparar o censo 1995 com o de 2006, saindo de 14% para 26%, enquanto a pecuária de corte caiu de 59% para 54%. Então, Costa (2012) submeteu os seus registros ao seguinte teste: se o valor bruto da produ o de culturas temporárias for maior que o valor bruto da produ o de pecuária de corte, então o caso em tela mudou para outra trajetória (Patronal T7), uma nova trajetória na qual sistemas patronais provavelmente convergiram para culturas temporárias; se menor, o caso se mant m na trajetória Patronal T4. A emergência do que poderá ser a Trajetória Patronal T7 seria compatível com as indica es, por fontes diversas, do crescimento da importância da produ o de grãos, particularmente soja, mas também milho, em diferentes áreas da região Norte.

3.1.2 Primeira visão do autor sobre Trajetórias Tecnológicas

A Figura 14 (TANCREDI et al., 2011) espacializa as informa es das trajetórias tecnológicas das mesorregiões do estado do Pará apresentadas por Becker;Costa;Costa. (2009), a partir de dados secundários extraídos do censo agropecuário 1995-96.

Figura 14 – Trajetórias Tecnológicas das mesorregiões do estado do Pará



Fonte: Processamentos do próprio autor, a partir de Becker;Costa;Costa (2009).

As mesorregiões do Sudeste e do Sudoeste Paraense apresentam 44% de participação em relação à Trajetória Camponesa.T1, 79% de participação da Trajetória Camponês.T3 e também 87% da Trajetória Patronal.T4. Tanto na Trajetória Camponês.T1 quanto na T3 e T4, a atividade de pecuária apresenta destaque.

A mesorregião do Baixo Amazonas registrou 100% da ocorrência da Trajetória Patronal.T6, que não gera áreas degradadas e 21% da Trajetória.T1. Esta mesorregião possui mais de 70% de seu território recoberto por Áreas Especiais, apresentando baixa ocorrência de estradas, registrando também o menor índice de antropismo com valor médio de apenas 1,05%.

A mesorregião do Marajó representa 13% do Valor Bruto da Produção Rural para a Trajetória.T1 e 18% para a Trajetória Camponesa.T2, destacando na região a presença

camponesa, com atividade de pecuária para produção de leite e sistemas agroflorestais (baixo impacto).

As mesorregiões da Região Metropolitana de Belém (RMB) e do Nordeste Paraense têm 73% do VBPR referente a Trajetória Patronal.T5 (monocultura, com alto impacto na biodiversidade), 45% da Trajetória Camponesa.T2 e 21% da Trajetória.T1.

Como conclusão da análise quantitativa, avaliou-se que o grau de antropização de uma dada mesorregião possui correlação positiva com a pressão antrópica das Áreas Especiais ali situadas, fato que foi confirmado pela análise dos dados de sensoriamento remoto (cálculo da porcentagem de antropização, quantificação dos focos de calor e extensões de estradas) e pelos dados estatísticos de Valor Bruto da Produção Rural por tipo de trajetória tecnológica (maior e menor poder de degradação), facilitando o entendimento da lógica que movimenta o funcionamento do sistema agrário ambiental nesses lugares.

4 FERRAMENTAL GEOTECNOLÓGICO: SENSORIAMENTO REMOTO, SIG, BANCO DE DADOS CELULAR, MÉTRICA DE PAISAGENS E INTEGRAÇÃO DE DADOS

O presente capítulo trata de temas relacionados ao ferramental geotecnológico, discutidos em cinco subcapítulos: sensoriamento remoto, sistema de informação geográfica, banco de dados celular, métrica de paisagem com SIG e integração de dados a partir de algoritmo de otimização probabilística.

4.1 Sensoriamento remoto

O sensoriamento remoto pode ser definido como a aplicação de dispositivos que, colocados em aeronaves ou satélites, nos permitem obter informações sobre objetos ou fenômenos na superfície da Terra.

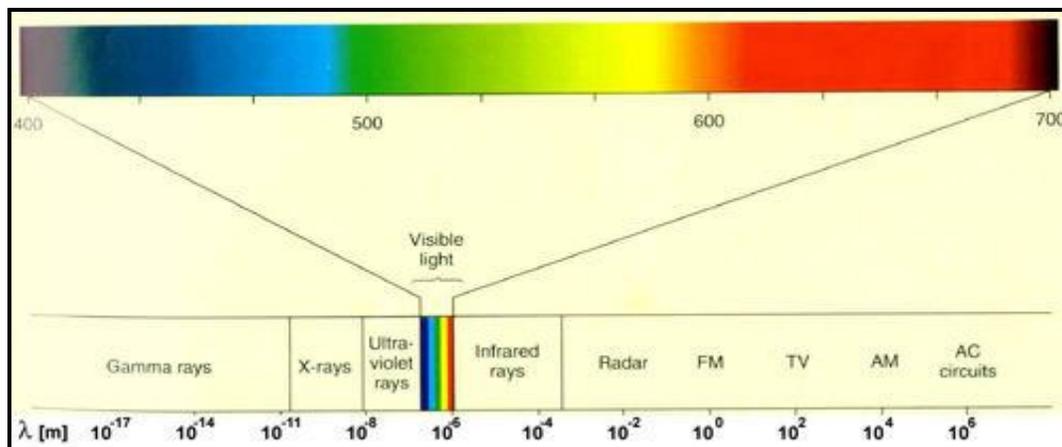
Segundo Novo (1989), sensoriamento remoto consiste na aquisição de informação sobre um objeto a partir de medidas feitas por um sensor que não se encontra em contato físico direto com ele. As informações sobre o objeto, neste caso, são derivadas da detecção e mensuração das modificações que ele impõe sobre os campos de força que o cercam. Estes campos de força podem ser eletromagnéticos, acústicos ou potenciais. Jensen (2009) conceitua como o registro da informação das regiões do ultravioleta, visível, infravermelho e microondas do espectro eletromagnético, sem contato, por meio de instrumentos tais como câmeras, escâneres, lasers, dispositivos lineares e/ou materiais localizados em plataformas tais como aeronaves ou satélites, e a análise da informação adquirida por meio visual ou processamento digital de imagem.

A evolução do sensoriamento remoto por meio de sensores mais potentes, proporcionando imagens cada vez mais nítidas, associadas com as técnicas de extração de informação oriundas do processamento de imagens, ampliou sua aplicabilidade a diversas áreas do conhecimento: levantamento de recursos ambientais, análise ambiental, geologia, florestas e estudos urbanos são algumas das áreas diretamente contempladas. Outro fator relevante é a periodicidade das imagens, as quais permitem monitorar situações de desmatamento, desertificação, inclusive com possibilidades de prevenção de desastres naturais (ROCHA, 2002).

4.1.1 Radiação eletromagnética e comportamento espectral dos alvos

A energia eletromagnética é o mecanismo pelo qual os dados dos objetos são transmitidos ao sensor, transformando-o por meio da sua frequência, intensidade e polarização em informação (SANTOS, F., 2002). As interações entre a radiação eletromagnética e os objetos variam ao longo do espectro eletromagnético, como se pode observar na Figura 15.

Figura 15 – Espectro eletromagnético com destaque para a faixa do visível



Fonte: WIKIPEDIA (2006).

O espectro eletromagnético é o intervalo completo de distribuição da radiação eletromagnética, cujas regiões segundo sua ordem de energia e comprimento de onda estão na tabela 2.

Tabela 2 – Região do espectro x comprimento de onda

Região do espectro eletromagnético	Comprimento de onda	
raios gama	menos que 0,1 Å (Ångstrom)	
raios X	0,1 a 200 Å	
raios ultravioleta	200 a 4000 Å	
luz visível	4000 a 7000 Å	
infravermelho	infravermelho próximo	7000 Å a 10 μm (microns)
	infravermelho médio	10 a 60 μm
	Infrav. Longínquo	60 a 300 μm
ondas de rádio	sub milimétrico	300 μm a 1 mm (milímetro)
	rádio milimétrico	1 mm a 1 cm (centímetro)
	microondas rádio	1 mm a vários cm

Fonte: BRASIL (2006).

4.1.2 Características das Imagens

Após interagir com os objetos da superfície terrestre, a radiação é detectada por sensores que se encontram a bordo de satélites. Um sistema sensor imageador produz uma imagem bidimensional da radiância, emitância ou retroespalhamento destas trocas energéticas, num determinado instante, naquele espaço físico, tornando-se apto para extrair informações sobre aquela região. Os elementos da imagem são armazenados como matrizes, possuindo um valor proporcional à energia eletromagnética refletida ou emitida pela área da superfície terrestre, sendo denominados de *pixels*.

As imagens produzidas caracterizam-se pelas resoluções espacial, espectral, radiométrica, temporal e pela largura da faixa imageada. Também chamada de largura da faixa de varredura, esta última característica varia de acordo com o satélite, por exemplo, nos satélites LANDSAT 5 e 7 é de 185 km, no CBERS-2B¹² é 120 km. Em geral, existe relação direta entre a largura da faixa imageada e a resolução espectral e radiométrica. A **Resolução Espacial** é a capacidade do sensor de detectar objetos a partir de uma determinada dimensão. Quanto maior a resolução do sistema sensor, menor é o tamanho mínimo dos elementos que podem ser detectados individualmente. Ex.: LANDSAT 5 e 7 – 30 Metros; CBERS-2B – 20 Metros; QUICKBIRD – 0,61 Metros (SANTOS, F., 2002).

A **Resolução Espectral** expressa a capacidade do sensor de registrar a radiação em diferentes regiões do espectro. Quanto melhor a resolução espectral, maior o número de bandas espectrais que podem ser adquiridas sobre os objetos da superfície, aumentando o poder de extração de informação. Ex.: LANDSAT 7 possui 8 bandas. A **Resolução Radiométrica** representa a capacidade de discriminar entre diferentes intensidades de sinais ou número de níveis digitais em que a informação se encontra registrada. Quanto maior for esta resolução, maior será a sensibilidade do sensor nas pequenas diferenças de radiação, aumentando o poder de contraste e de discriminação das imagens, onde 2^n corresponde ao total de níveis de cinza visualizado na imagem gerada pelo sensor, e “n” o número de bits. Ex.: LANDSAT 7 = 8 bits = 2^8 ($2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2$) = 256 níveis de cinza de sensibilidade. Enquanto a **Resolução Temporal** representa a frequência com que a área de interesse é

¹²CBERS-2B é um satélite Sino-Brasileiro lançado em 2007, permitindo que o Brasil tenha informações precisas e atuais sobre seu território. As aplicações de geoprocessamento são as mais diversas, desde o controle do desmatamento e queimadas na Amazônia Legal, até o monitoramento de recursos hídricos, áreas agrícolas, crescimento urbano e ocupação do solo. No Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) é o responsável pelo desenvolvimento do hardware e do software do satélite (NEVES, 2012).

imageada. Nos satélites LANDSAT 5 e 7, o período de revisita ao mesmo local é de 16 dias (SANTOS, F., 2002).

4.1.3 Processamento Digital de Imagens

O procedimento computacional refere-se a uma análise quantitativa, baseada nas propriedades numéricas do *pixel*, que acopla a habilidade de rastrear, agrupar e contar *pixels* semelhantes em uma imagem, visando caracterizar, de forma automática, as várias feições e/ou objetos presentes na área de estudo (RICHARDS, 1995).

4.1.3.1 Correção Geométrica

Trata-se da transformação da imagem de modo que ela assuma as propriedades de escala e projeção de um mapa. Para que a precisão cartográfica seja introduzida em imagens de sensoriamento remoto, faz-se necessário que essas imagens digitais sejam corrigidas segundo um determinado sistema de coordenadas (SANTOS, F., 2002).

Segundo Crosta (1992 apud JACINTHO, 2003), o processo de correção geométrica envolve as seguintes etapas:

- a) Determinação da relação entre o sistema de coordenadas do mapa e da imagem;
- b) Estabelecimento de um conjunto de pontos definindo os centros dos *pixels* na imagem corrigida, conjunto esse que define um *grid* com as propriedades cartográficas do mapa de referência;
- c) Cálculo dos números digitais (DN's) da imagem corrigida, por interpolação dos DN's dos *pixels* da imagem original.

A forma mais usual para o cálculo da relação entre os sistemas de coordenadas da imagem e do mapa é a transformação baseada em pontos de controle do terreno. Os pontos de controle são feições bem definidas, como interseção de estradas ou drenagens, pistas de aeroportos, etc., que possam ser localizadas precisamente tanto na imagem quanto no mapa disponível.

A determinação dos parâmetros da transformação polinomial selecionada é feita por meio da resolução de um sistema de equações. Para que esse sistema de equações possa ser montado as coordenadas dos pontos de controle devem ser conhecidas, tanto na imagem como no sistema de referência. As coordenadas da imagem (linha, coluna) são obtidas quando o usuário atua sobre os parâmetros de registro da imagem.

As coordenadas de referência são obtidas pela compilação de bases cartográficas confiáveis, e que contenham feições que sirvam como pontos de controle. A introdução destes dados pode se dar via mesa digitalizadora ou bases cartográficas digitais, bem como via aparelho GPS (Sistema de Posicionamento Global).

4.1.3.2 Classificação

O principal objetivo é distinguir e identificar por meio das composições as diferenças entre os materiais superficiais quer sejam eles do tipo de vegetação, padrões de uso do solo, ou outros.

A classificação automática de imagens multiespectrais de sensoriamento remoto diz respeito à associação de cada *pixel*, ou seja, as células que compõem a imagem a um determinado grupo de classes que descrevem um objeto real (vegetação, solo, água, etc.). Essa atribuição é feita com base em observações de *pixel* entre si e na sua vizinhança e baseado em algumas regras como: assumir que um conjunto de classes foi previamente determinado antes de se iniciar a classificação; assumir que qualquer *pixel* na imagem pertence necessariamente a uma dessas classes e que estas podem ser definidas usando algumas propriedades observáveis da cena e não apenas valores de reflectância (edição do usuário). Desta forma, os valores numéricos (DN's) associados a cada *pixel*, definidos pela reflectância dos materiais que compõem esses *pixels* são identificados em termos de um tipo de cobertura da superfície terrestre imageada, chamadas então de temas. Uma imagem de sensoriamento remoto classificada é uma forma de mapa digital temático (SANTOS, F., 2002).

4.1.3.3 Índice de Kappa

Um mapa temático precisa apresentar o seu grau de confiabilidade, assim é indispensável considerar e definir sua exatidão estatística. Na matriz de erros, os *pixels* classificados de forma correta e errada são analisados em termos de distribuição percentual. O seu objetivo é fornecer dados que permitam ajustar as áreas das classes obtidas por uma classificação, calcular os parâmetros de exatidão global da mesma e identificar erros específicos que afetam cada uma das classes. A matriz de erros descreve as exatidões individuais de cada categoria do mapa, em conjunto com erros de inclusão e omissão (CONGALTON; GREEN, 1999 apud KUX; BLASCHKE, 2005).

O erro de inclusão ocorre quando uma área é abrangida numa classe à qual ela não pertence, enquanto que o erro de omissão acontece quando uma área é excluída de uma classe à qual pertenceria.

A matriz de erros permite utilizar técnicas de análise multivariada para determinar a concordância entre o levantamento de campo e o mapa obtido pela classificação. A estatística *kappa* é um método utilizado na análise da exatidão de mapas temáticos. O *kappa* (K) inclui no cálculo do seu coeficiente todos os elementos da matriz de erros e não apenas os elementos da diagonal principal (CONGALTON; GREEN, 1999 apud KUX; BLASCHKE, 2005).

A tabela 3 apresenta o valor de *kappa* associado aos valores de qualidade de classificação, desenvolvido por *Landis e Koch*.

Tabela 3 – Valores de kappa x qualidade do mapa temático

VALOR DE KAPPA	QUALIDADE DO MAPA TEMÁTICO
< 0,00	Péssima
[0,00 – 0,20[	Ruim
[0,20 – 0,40[	Razoável
[0,40 – 0,60[	Boa
[0,60 – 0,80[	Muito Boa
[0,80 – 1,00]	Excelente

Fonte: Adaptada de Landis e Koch (1977 apud Kux; Blaschke, 2005).

4.1.3.4 Sistema Landsat

O *LANDSAT* foi colocado em órbita em 1972, com o nome de *ERTS-1 (Earth Resources Technological Satellite-1)*, com um desempenho tão significativo que foi transformado na série *Land Remote Sensing Satellite (LANDSAT)*. A série teve sequência com os *LANDSAT 2, 3, 4* e, sobretudo com o *LANDSAT 5, 7* e mais recentemente o 8. O principal objetivo deste sistema foi o mapeamento multiespectral em alta resolução da superfície da terra (BRASIL, 2006).

Os principais instrumentos imageadores do Sistema *LANDSAT* são: (MSS) *Multispectral Scanner*, (TM) *Thematic Mapper*, (ETM+) *Enhanced Thematic Mapper* e *Operational Land Imager (OLI)*.

A tabela 4 apresenta as características dos satélites da série *LANDSAT*.

Tabela 4 – Características dos satélites da série LANDSAT

SATÉLITE	LANÇAMENTO	STATUS	INCLINAÇÃO	SENSOR	ALTITUDE
<i>Landsat 1</i> (ERTS-1)	Julho de 1972	Inativo	99,9°	MSS E RBV	907 KM
<i>Landsat 2</i>	Janeiro de 1975	Inativo	99,2°	MSS E RBV	908 KM
<i>Landsat 3</i>	Março de 1978	Inativo	99,1°	MSS	915 KM
<i>Landsat 4</i>	Julho de 1982	Inativo	98,3°	MSS E TM	705,3 KM
<i>Landsat 5</i>	Março de 1984	Suspenso ¹³	98,3°	MSS E TM	705,3 KM
<i>Landsat 6</i>	Outubro de 1993	Inativo	-	Não chegou a operar	
<i>Landsat 7</i>	Abril de 1999	Inativo desde 2003	98,2°	ETM+	705 KM
<i>Landsat 8</i>	Fevereiro de 2013	Ativo	98,2°	OLI e TIRS	710 KM

Fonte: Adaptada de Moreira (2005).

O sensor TM possui 7 bandas, cada uma representando uma faixa do espectro eletromagnético. As bandas 1,2,3,4,5 e 7 possuem 30 m de resolução geométrica, isto é, cada *pixel* da imagem representa uma área de 0,09 hectares (ha) de terreno, enquanto a banda 6, possui resolução de 120 m, cada *pixel* representa 1,4 ha.

A tabela 5 apresenta as características dos sistemas sensores da série *Landsat*.

Tabela 5 – Características dos sistemas sensores do LANDSAT

SATÉLITE	SENSOR	RESOLUÇÃO ESPACIAL (m x m)	RESOLUÇÃO TEMPORAL (dias)
<i>Landsat 1</i> (ERTS-1)	MSS, 3RBV	80	18
<i>Landsat 2</i>	MSS, 3RBV	80	18
<i>Landsat 3</i>	MSS, 2RBV	80 e 240	18
<i>Landsat 4</i>	MSS TM	80 30	16
<i>Landsat 5</i>	MSS TM	80 30	16
<i>Landsat 7</i>	MSS ETM+	80 30 e 15	16
<i>Landsat 8</i>	OLI TIRS	30 e 15	16

Fonte: Adaptada de Moreira (2005).

¹³ De acordo com USGS (2011), no dia 18 de novembro de 2011 em decorrência de problemas técnicos apresentados em um de seus componentes eletrônicos, o satélite LANDSAT-5, que foi planejado para operar por 3 anos e já estava com 27, teve suspensão as atividades de imageamento. A partir de 2013 teve reinício esta série com o lançamento e operação do LANDSAT-8.

4.2 Sistema de Informação Geográfica (SIG)

Os instrumentos computacionais do geoprocessamento, chamados de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), permitem a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e ao criar banco de dados georreferenciados. Os SIGs tornam possível ainda a automatização da produção de documentos cartográficos (ASSAD; SANO, 1998).

Seu objetivo principal é fornecer ferramentas computacionais para que os diferentes analistas determinem as evoluções espacial e temporal de um fenômeno geográfico e as inter-relações entre diferentes eventos. Alguns exemplos de processos de análises espaciais típicos estão listados no quadro 1.

Quadro 1 – Exemplos de análise espacial

Análise	Pergunta Geral	Exemplo
Condição	“O que está...?”	“Qual a população desta vila?”
Localização	“Onde está...?”	“Quais as áreas com declividade acima de 50%?”
Tendência	“O que mudou...?”	“Esta terra era produtiva há 15 anos?”
Roteamento	“Por onde ir...?”	“Qual o melhor caminho para os ônibus?”
Padrões	“Qual o padrão...?”	“Qual a distribuição da febre aftosa no Pará?”
Modelos	“O que acontece se...?”	“Qual o impacto no clima se desmatarmos a Amazônia?”

Fonte: Adaptado de Maguire (1991).

Algumas definições de SIG:

a) “Conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real” (BURROUGH, 1986, p. 315);

b) “Um banco de dados indexados espacialmente, sobre o qual opera um conjunto de procedimentos para responder a consultas sobre entidades espaciais” (SMITH et al, 1987, p.152);

b) “Uma convergência de campos tecnológicos e disciplinas tradicionais, e que para atenderem às expectativas do usuário e à demanda da sociedade, necessitam do apoio de vários campos do conhecimento humano” (SILVA, 1999, p. 83);

c) “Sistema que realiza tratamento computacional de dados geográficos e armazena a geometria e os atributos dos dados que estão georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica” (DRUK et al, 2004, p. 26).

4.2.1 Espaço geográfico e informação espacial

A informação geográfica apresenta uma natureza dual: um dado geográfico possui uma localização geográfica, expressa como coordenadas em um espaço geográfico e atributos descritivos, que podem ser representados num banco de dados convencional. De forma intuitiva, pode-se definir o termo espaço geográfico como uma coleção de localizações na superfície da terra, sobre a qual ocorrem os fenômenos geográficos. O espaço geográfico define-se, portanto, em função de suas coordenadas, sua altitude e sua posição relativa. Sendo um espaço localizável, é possível de ser cartografado (DOLFUS, 1991).

A noção de informação espacial está relacionada à existência de objetos com propriedades, as quais incluem a sua localização no espaço e a sua relação com outros objetos. Estas relações incluem conceitos topológicos (vizinhança, pertinência), métricos (distância) e direcionais (“ao norte de”, “acima de”).

Deste modo, os conceitos de espaço geográfico (um lócus absoluto, existente em si mesmo) e informação espacial (um lócus relativo, dependente das relações entre objetos) são duas formas complementares de conceituar um objeto de estudo em geoprocessamento. Estas formas levam à dualidade conceitual na modelagem espacial, onde a noção absoluta de espaço geográfico leva à ideia de conjuntos de campos geográficos, e a noção relativa de informação espacial conduz à postulação da existência de conjuntos de objetos georeferenciados (WORBOYS, 1995).

4.2.2 Estrutura geral de um SIG

Numa visão abrangente, pode-se indicar que um SIG tem os seguintes componentes:

- a) interface com usuário;
- b) entrada e integração de dados;
- c) funções de processamento gráfico e de imagens;
- d) visualização e plotagem;
- e) armazenamento e recuperação de dados organizados sob a forma de um banco de dados geográficos.

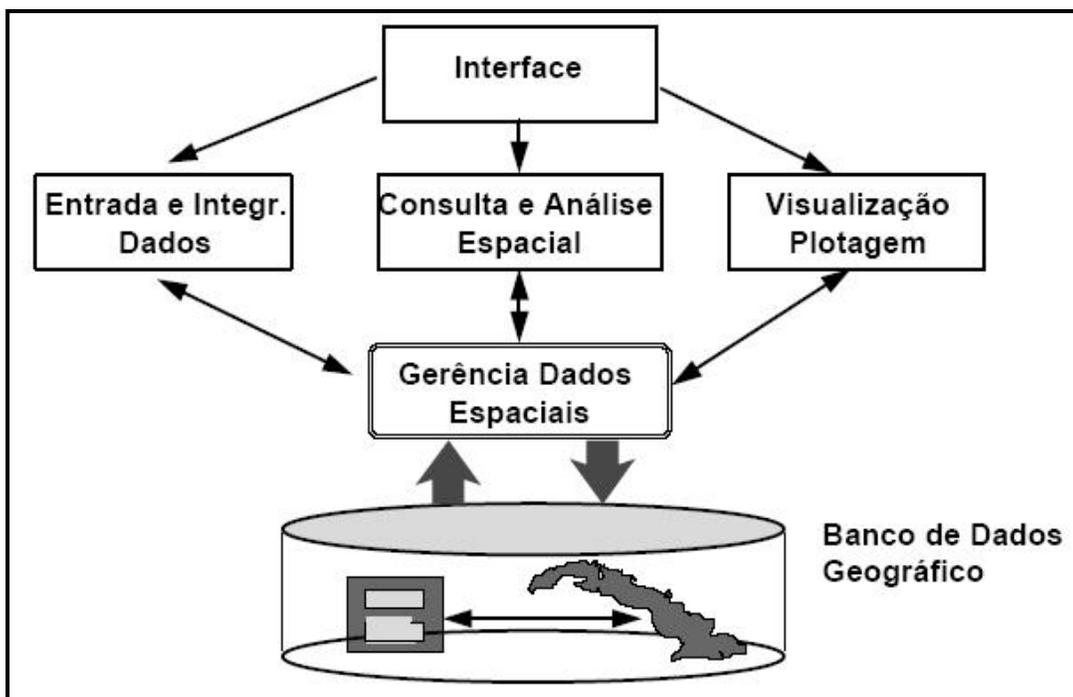
Estes componentes se relacionam de forma hierárquica. No nível mais próximo ao usuário, a interface homem-máquina define como o sistema é operado e controlado. No nível

intermediário, um SIG deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída). No nível mais interno do sistema, um mecanismo de gerenciamento de bancos de dados geográficos oferece armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos.

De um modo geral, as funções de processamento de um SIG manipulam dados em uma área de trabalho em memória principal. A ligação entre os dados geográficos e as funções de processamento do SIG é feita através de processos de seleção e consulta que definem restrições sobre o conjunto de dados.

O fluxograma 1 indica a relação entre os principais componentes. Cada sistema implementa estes componentes de forma distinta em função de seus objetivos e necessidades, mas todos os subsistemas citados devem estar presentes num SIG.

Fluxograma 1- Sistemas de Informação Geográficas



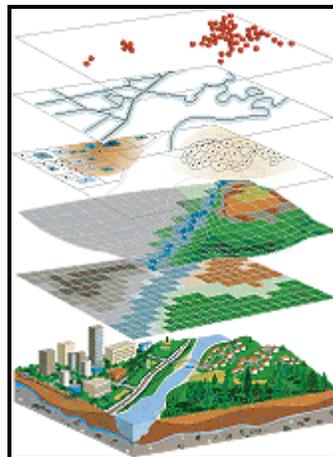
Fonte: Assad et. al. (1998).

4.2.3 Organização de Ambiente de Trabalho em SIG

Em um SIG, existem duas grandes maneiras de organizar um ambiente de trabalho: organização baseada num banco de dados geográficos e organização baseada em projetos.

Um projeto é usualmente composto por um conjunto de níveis, camadas ou planos de informação (PIs), que variam em número, tipos de formatos e de temas, conforme as necessidades de cada tarefa ou estudo (Figura 16). Por exemplo, num estudo de uso atual do solo e seus impactos sobre o ambiente em uma região definida em um projeto, seria necessário que este fosse composto de PIs com os seguintes temas: a) rede de drenagem; b) cidades, rodovias e ferrovias; c) altimetria; d) geomorfologia; e) unidades e associações dos solos; f) tipologia vegetal; g) tipos de uso e ocupação das terras. Os PIs a, b e c, quando sobrepostos, vão formar a cartografia básica da região de estudo ou mapa planialtimétrico. Os restantes são os mapas especiais ou temáticos, cada um deles representa a mesma área com diferentes informações geográficas. Operações aritméticas e lógicas entre os PIs restantes são possíveis de serem efetuadas para atingir determinado objetivo proposto.

Figura 16 – Representação dos Planos de Informação



Fonte: Tmackinnon (2005).

4.2.4 Funções dos SIGs

Segundo Silva (1999), a utilização das funções de SIG requer uma metodologia adequada para permitir a otimização dos procedimentos. Sem dúvida, o ponto de partida para executar as funções de SIG é a organização de um banco de dados robusto e bem planejado,

que é uma tarefa desafiadora e consome, muitas vezes, mais de 70% dos esforços físicos, financeiros e intelectuais de um projeto.

As funções de SIG podem ser divididas, basicamente, em consulta, reclassificação, análises de proximidade e contiguidade, modelos digitais de elevação, operações algébricas não cumulativas e cumulativas. A implementação dessas funções exige certos procedimentos metodológicos que determinam o controle da qualidade dos resultados.

4.3 Montagem do banco de dados celular

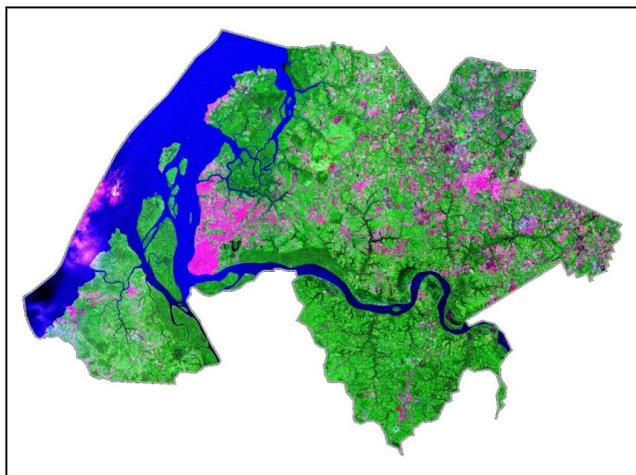
4.3.1 Operadores para Cálculo dos Atributos

Existem inúmeros operadores que calculam os atributos das células e cada um deles utiliza como entrada dados armazenados em “temas”, que devem ter sido anteriormente importados para o projeto do TerraView, abrangendo todos os diferentes tipos de representações geométricas, como linha, ponto, polígono e matriz. O “*Plugin*” de Preenchimento de Células possibilita que os atributos das tabelas sejam calculados e, de acordo com a representação geométrica e **semântica dos atributos**¹⁴ dos dados de entrada, diferentes operadores podem ser aplicados.

Santos; Carneiro (2011) define os principais operadores aplicáveis, segundo os tipos de dados de entrada matricial e vetorial. O dado matricial deve ser entendido como aquele armazenado em uma estrutura de matriz retangular com N linhas x M colunas. Exemplificando, o recorte ilustrado pela Figura 17 é um exemplo de matriz, com 9.500 linhas x 6.500 colunas, e pixels medindo 15 metros de resolução espacial.

¹⁴ Aguiar; Andrade; Ferrari (2008) explica o conceito de semântica dos atributos referindo-se ao seu significado, não seu tipo (inteiro, real, “*string* – texto”). Isto é, semanticamente um dado categórico representa uma classe temática (por exemplo, de uso do solo); um dado numérico representa uma quantidade (inteiro ou real); um dado nominal representa um nome (ex.: lugar, pessoa, etc). Em Terralib/TerraView não existe uma definição da semântica de determinado atributo, apenas do seu tipo. Mas é importante que o usuário tenha em mente esta diferenciação para o entendimento de quais operações podem ser aplicadas a um determinado dado de entrada. Em relação ao tipo do dado, um do tipo categórico pode ser do formato “*string*” ou “*integer*” (inteiro); um numérico pode ser inteiro ou real e um dado nominal, geralmente está no formato “*string*”.

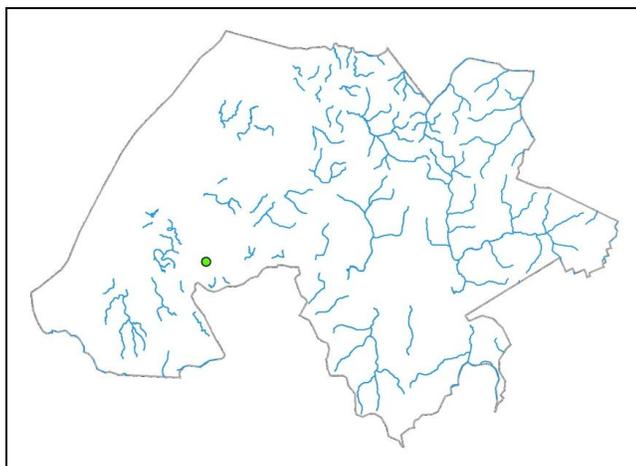
Figura 17 – Exemplo de dado matricial



Fonte: Processamentos do próprio autor, a partir de CPRM (2008).

Os dados vetoriais (ponto, linha e polígono) são entendidos como um conjunto de entidades geométricas básicas reconhecidas pelos Sistemas de Informação Geográfica. A Figura 18 ilustra um exemplo de representação das entidades geométricas delimitando uma área de interesse (polígono), suas principais drenagens (linha) e a localização de um ponto no interior do polígono.

Figura 18 – Exemplo de representação vetorial



Fonte: Processamentos do próprio autor, a partir de CPRM (2008).

O quadro 2 sumariza alguns operadores para matriz e vetores, seus atributos e representação.

Quadro 2 – Sumário das operações para matriz e vetores

Operador		
Tipo 1: Matricial, Celular e Vetores	Tipo do atributo	Representação
Valor mínimo	Numérico (inteiro ou real)	matriz, vetor e célula
Valor máximo	Numérico (inteiro ou real)	matriz, vetor e célula
Valor médio	Numérico (inteiro ou real)	matriz, vetor e célula
Soma dos valores	Numérico (inteiro ou real)	matriz, vetor e célula
Desvio padrão	Numérico (inteiro ou real)	matriz, vetor e célula
Classe majoritária (n.º de elementos)	Catégorico, nominal (<i>integer</i> ou <i>string</i>)	matriz, vetor e célula
Porcentagem de cada classe (quantidade)	Catégorico, nominal (<i>integer</i> ou <i>string</i>)	matriz, vetor e célula
Tipo 2: Vetorial poligonal	Tipo do atributo	Representação
Média ponderada pela interseção	Numérico (inteiro ou real)	polígonos
Soma ponderada pela interseção	Numérico (inteiro ou real)	polígonos
Classe majoritária (em área)	Catégorico, nominal (<i>integer</i> ou <i>string</i>)	polígonos
Porcentagem de classe majoritária (área)	Catégorico, nominal (<i>integer</i> ou <i>string</i>)	polígonos
Tipo 3: Vetorial geométrico	Tipo do atributo	Representação
Distância mínima	N/A	pontos, linhas e polígonos
Presença	N/A	pontos, linhas e polígonos
Contagem	N/A	pontos, linhas e polígonos
Porcentagem total de interseção	N/A	polígonos

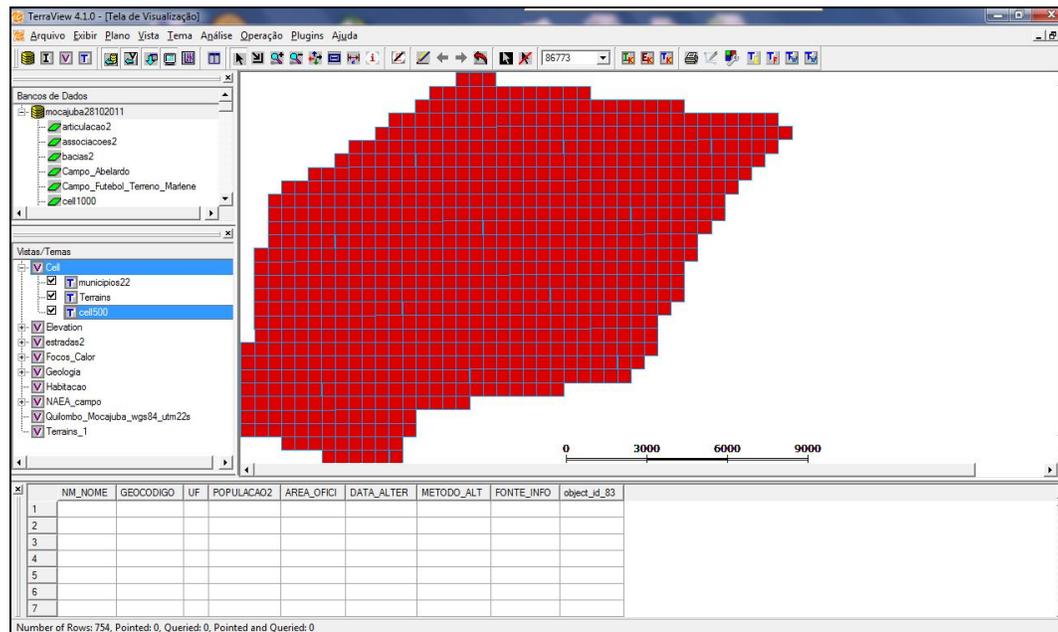
Fonte: Aguiar (2008).

4.3.2 Integração R e TerraLib

O programa TerraView possibilitou a criação de um plano celular, utilizando as representações disponíveis em um banco de dados. Nesse caso, a partir de um polígono, que constituiu a área de investigação, as células foram criadas preenchendo todo o espaço da entidade geométrica de entrada, tal como é apresentado na Figura 19.

Existem também outras formas de gerar um plano celular a partir de dados matriciais ou alguma outra geometria não poligonal, como linhas, e nestes casos, as células serão criadas a partir do plano envolvente do plano de informação.

Figura 19 – Criação de células a partir de polígono



Fonte: Processamentos do próprio autor

Diferentes operações podem aceitar diferentes tipos de atributo como parâmetro, portanto é necessário escolher inicialmente a operação desejada, de modo que o *plugin* habilitará apenas os atributos válidos. A opção *dummy* é um recurso que funciona para ignorar um determinado valor do processamento, toda vez que este for encontrado.

Segundo Aguiar (2008), o “*Plugin*” de Preenchimento de Células possibilita calcular valores para atributos de tabelas associadas a planos de informação do tipo celular, objetivando homogeneizar informações provenientes de diferentes fontes, em formatos distintos (dados vetoriais, matriciais, por exemplo), agregando-os em uma mesma base espaço-temporal. Este plano celular pode servir então como base para atividades de modelagem, em TerraME, ou aplicações de análise estatística.

Na versão atual da biblioteca Terralib¹⁵, usada como base no desenvolvimento do TerraView e do “*plugin*”, as células são retangulares, podendo ter resolução de 1m x 1m, 500m x 500m, 100km x 200km, de acordo com a necessidade de aplicação. A um mesmo plano celular podem estar associadas diversas tabelas estáticas (para atributos que não variam

¹⁵Terralib é uma biblioteca de classes e funções de SIG, disponíveis na Internet como código-aberto, possibilitando um ambiente colaborativo e a utilização para desenvolvimento de múltiplas ferramentas. Seu principal objetivo é permitir o desenvolvimento de uma nova geração de aplicações de SIG, baseada nos avanços tecnológicos dos bancos de dados espaciais (INPE, 2012).

com o tempo) e dinâmicas (para atributos que variam no tempo). No caso de tabelas estáticas, cada linha armazena os atributos de uma célula, e cada célula possui obrigatoriamente um identificador único denominado geralmente de “*object_id*”. No caso de tabelas dinâmicas, a mesma tabela pode apresentar diversas linhas referentes a uma mesma célula, para tempos distintos, e o identificador único nesse caso combina o “*object_id*” da célula, o tempo inicial e final da linha.

Esta integração possibilita a aplicação de procedimentos estatísticos ao banco de dados celular entre variáveis dependentes e independentes, tais como: histograma, correlação pareada e regressão linear multivariada.

A função `hist()` produz um histograma dos dados informados em seu argumento. Os histogramas criados no R seguem certo padrão (conhecido como argumentos *default*) e podem ser alterados de acordo com a preferência do usuário.

A função de correlação é utilizada no comportamento conjunto de duas variáveis quantitativas distintas, medindo seu grau de associação. Dependendo do gráfico obtido ao se aplicar a função, três situações marcantes podem acontecer: i) quando uma das variáveis “cresce” e a outra, em média também “cresce”, diz-se que entre as duas variáveis há covariância positiva, cujo valor dependerá dos valores originais das variáveis ou, limitando-se ao intervalo $[-1,1]$, existirá uma correlação positiva, tanto mais forte quanto mais perto de uma reta imaginária os pontos estiverem; ii) quando uma das variáveis “cresce” e a outra, em média, “decrece”, diz-se que entre as duas variáveis há covariância negativa, cujo valor dependerá dos valores originais das variáveis ou, limitando-se ao intervalo $[-1,1]$, existirá uma correlação negativa; e iii) se os pontos estiverem dispersos, sem definição de direção, a covariância ficará próxima ou igual a zero e diz-se que a correlação é muito baixa ou, mesmo nula, e as variáveis são ditas não correlacionadas (PETERNELLI; MELLO, 2011).

A análise de regressão consiste na realização de uma análise estatística com o objetivo de verificar a existência de uma relação funcional entre uma variável dependente com uma ou mais variáveis independentes. Em outras palavras, consiste na obtenção de uma equação que tenta explicar a variação da variável dependente pela variação dos níveis das variáveis independentes (PETERNELLI; MELLO, 2011).

Para Johnson; Wichern (2007), regressão linear multivariada é uma técnica da estatística multivariada utilizada para a predição de valores de uma ou mais variáveis de resposta (dependentes) a partir de diversas variáveis preditoras ou independentes. Também pode ser utilizada para avaliar os efeitos das variáveis preditoras sobre as dependentes.

4.4 Métricas da estrutura da paisagem

A estrutura da paisagem pode ser conceituada a partir de padrões espaciais de fragmentação de paisagem, que se baseiam na medição e quantificação de paisagens sob determinados aspectos estruturais e espaciais, possuindo um conteúdo explicativo para aqueles desenvolvimentos e processos que contribuíram para uma determinada visão de uma paisagem (FARINA, 1998).

Batistella; Brondízio; Moran (2000) afirmam que a bacia Amazônica é, provavelmente, a região mais importante no mundo para estudo dos processos de fragmentação da paisagem natural, e estes estudaram justamente essa região, focando em aplicações que quantificam as taxas de desmatamento e em outros envolvendo processos ecológicos, sociais e econômicos.

O período superior a duas décadas, durante o qual a concepção de estrutura da paisagem se desenvolveu, resultou em várias centenas de índices e medidas que, em parte, avaliam aspectos muito semelhantes e que também, matematicamente, dizem coisas similares; portanto, são correlacionados. No entanto, para cada métrica individual há uma justificativa, porque sempre poderá haver um caso especial no qual faz sentido usá-la. Por outro lado, na maior parte dos questionamentos e aplicações, um determinado conjunto de métricas é suficiente para se conectar aos critérios ecológicos essenciais e mais relevantes (LANG; BLASCHKE, 2009).

Botequilha-Leitão; Ahern (2002) analisam que do ponto de vista do usuário potencial, há uma quantidade muito grande de métricas que, em princípio, estão disponíveis. Esse grande volume certamente também é um dos motivos por que a utilização de medidas da estrutura da paisagem foi muito limitada até agora, apesar de estar crescendo.

Ritters. (1995) por meio de análises de regressão comprovaram que o grande número de índices pode ser reduzido a alguns valores estatisticamente independentes. As medidas da estrutura relevante derivadas deste estudo são fornecidas no sistema de informação da paisagem sobre um plano do usuário para comparar determinados setores de uma paisagem utilizando-se uma análise estrutural quantitativa e descritiva.

Segundo Rudolph et al. (2013), a quantificação da estrutura da paisagem, por meio de métricas da paisagem é pré-requisito para a análise do funcionamento e das mudanças espaciais. São úteis em várias situações: permitem descrever e mensurar os elementos que compõem a estrutura da paisagem, comparar paisagens; identificar mudanças temporais; avaliar cenários propostos durante o planejamento; relacionar padrões a funções ecológicas,

entre outros. Quando analisadas em função do seu significado ecológico podem fornecer informações importantes ao planejamento, à conservação e à preservação dos recursos naturais.

Soares Filho (1998) já aliava a parte conceitual da ciência “ecologia da paisagem” com a tecnologia de geoprocessamento, pois naquela época já considerava que a tecnologia dos SIGs atingiu uma relativa maturidade em termos de funcionalidade e capacidade de análise.

Segundo Lang; Blaschke (2009) para realização da análise de paisagem com SIG devem-se utilizar as seguintes medidas de estruturas: níveis de manchas, classes e paisagem. As métricas relativas a manchas (Nível 1) descrevem as características geométricas dos fragmentos individuais, observando-se o conceito subjacente de vizinhança com 4 ou 8 vizinhos.

As relativas a classes (Nível 2) resumem todas as manchas a uma determinada classe. O grupo de métricas específicas de classe estuda explicitamente a configuração desse conjunto de manchas. As características espaciais e estruturas medidas num determinado nível podem ser utilizadas, por meio de instruções estatísticas, para a caracterização do nível imediatamente superior (métricas do nível 3), que referem-se a toda paisagem.

As principais categorias da análise estrutural-espacial e métricas relativas a manchas (*patches*), categorias (classes) e à paisagem são listadas na Tabela 6 (LANG; BLASCHKE, 2009).

Tabela 6 – Categorias da análise estrutural-espacial da paisagem e métricas relativas a manchas (*patches*), categorias (classes) e à paisagem

Aspecto Principal	Métrica	Faixa de Valores	Unidade	Questionamento Ecológico	Observação
HETEROGENEIDADE	NP (<i>Number of Patches</i>) (Número de Manchas)	[0 - ∞[	-	Quantas manchas por classe ou no total?	Grande número de manchas geralmente é equiparado com riqueza estrutural; pode indicar também retalhamento.
	PD (<i>Patch Density</i>) (Densidade de manchas)	[0-1]	1/há	Qual a densidade de manchas na área de estudo, comparativamente?	
	CONTAG (<i>Contagion</i>) (Grau de Contágio) – Especialmente para dados <i>raster</i> ; para dados vetoriais, é mais adequado LPI (<i>Largest Patch Index</i>).	[0-1]	- (ou seja, %)	Qual o grau de conectividade entre as manchas da mesma classe?	Conexão espacial por meio máxima entropia atual padronizada <i>versus</i> diversidade.

ANÁLISE DA ÁREA	A (Área) – NA bibliografia internacional, também é usual o “s” (<i>size</i>)	[0 - ∞[	m ² (ha)	Qual o tamanho da mancha?	Ambivalência em razão da respectiva categoria da mancha, ou seja, da qualidade da mancha.
	CA (<i>Class Area</i>) (Área da classe)	[0 - ∞[	m ² (ha)	Qual é o tamanho total da área da classe correspondente?	
	MPS (<i>Mean Patch Size</i>) (Tamanho médio da mancha)	[0 - CA[	m ² (ha)	Qual é o tamanho médio da mancha?	
	PSSD (<i>Patch Size Standard Deviation</i>) (Desvio padrão do tamanho da mancha – Estatisticamente, para todas as medidas de agregação de classes pode ser calculado o desvio padrão (RMS – <i>Root mean square error</i>)	[0 - ∞[	m ²	Qual é a intensidade do espalhamento do tamanho da mancha em volta do valor médio?	PSSD pode ser padronizado por meio de PSD (<i>Patch Size Coefficient of Variation</i>) (Coeficiente de variação do tamanho da mancha).
ANÁLISE DE BORDAS	TE (<i>Total Edge</i>) (Soma das bordas)	[0 - ∞[	m (km)	Qual é a extensão das bordas que ocorrem na região?	A soma das bordas geralmente é equiparada com riqueza de estrutura; também pode significar retalhamento.
	ED (<i>Edge Density</i>) (Densidade das bordas)	[0 - ∞[	%	Qual é a densidade das bordas?	
	MPE (<i>Mean Patch Edge</i>) (Índice médio de forma)	[1 - ∞[	-	Qual é o comprimento médio das bordas?	Valores elevados podem ser elevados quando formas compactas forem privilegiadas.

Tabela 6 – Categorias da análise estrutural-espacial da paisagem e métricas relativas a manchas (*patches*), categorias (classes) e à paisagem (continuação)

Aspecto Principal	Métrica	Faixa de Valores	Unidade	Questionamento Ecológico	Observação
ANÁLISE DE FORMAS	MSI (<i>Mean Shape Index</i>) (Índice médio de forma)	[1 - ∞[	-	Quão compactas são as manchas em comparação com uma circunferência de área igual?	1 significa forma circular; valores elevados podem ser vantajosos quando forem privilegiadas formas irregulares.
	MPAR (<i>Mean Perimeter Area Ratio</i>) (Razão média do perímetro pela área)	[0 - ∞[	m / m ²	Qual é o tamanho da mancha em relação ao seu perímetro?	Nas escalas usuais é menor que 1.

	MFRACT (<i>Mean Fractal Dimension</i>) (Dimensão fractal média)	[1 - 2[	-	Quão complexa ou irregular é a forma da mancha?	Nas escalas usuais é menor que 2; valores acima de 2 são indícios de artefatos.
DIVERSIDADE GAMA (□)	P (<i>Proportion</i>), também designado PLAND (<i>Percentage Landscape</i>) (Percentual da área de uma classe)	[0-100]	%	Qual é o percentual da área de uma determinada classe na paisagem total?	Independente da distribuição espacial.
	R (<i>Richness</i>) (Riqueza)		-	Quantas classes há, de fato, em relação à quantidade máxima possível?	$R \equiv N$. Valor relativo quando for relacionado ao número máximo de classes.
	DOM (Dominância)	[0- DIV_{Max}]	- (ou seja %)	Qual é a uniformidade da distribuição de classes?	A diversidade atual padronizada para a diversidade máxima; não é complementar à dominância.
	EVEN (<i>Evenness</i>) (Uniformidade)	[0 - 1]	- (ou seja %)	Qual é a uniformidade da distribuição de classes?	A diversidade atual padronizada para a diversidade máxima; não é complementar à dominância.
RETALHAMENTO	COH (Grau de coerência) A ser obtido de UB (COH = 1 - SUB)	]0 - 1]	- (ou seja %)	Qual é o grau de conectividade entre as áreas?	Grau de desvio da área original quadriculada.
	SUB (Subdivisão)	]0 - 1]	- (ou seja %)	Qual é o grau de retalhamento?	Complemento de COH.
	M_{eff} - tamanho efetivo da malha	]0 - 1]	-	Qual é o tamanho médio ponderado dessas manchas	Tamanho da malha em n malhas de igual tamanho (n = SPLIT)
	SPLIT (<i>Splitting Index</i>) (Índice de retalhamento)	[1 - ∞ [m^2	Quantas manchas permanecem num determinado grau de retalhamento?	Corresponde à área total dividida por M_{eff} .

Fonte: Lang; Blaschke. (2009).

4.5 Integração de dados de produção x sensoriamento remoto (algoritmo de otimização probabilística)

Construir um programa de computador capaz de solucionar um determinado problema exige que o mesmo seja modelado em termos de um algoritmo computacionalmente executável. Segundo Goldbarg; Luna (2005), um modelo é um veículo para uma visão bem estruturada da realidade, podendo também ser visto como uma representação substitutiva da realidade, e para ser implementável deve ser livre de pequenos detalhes onerosos.

Problemas aparentemente triviais para os seres humanos, podem se tornar extremamente complexos quando da tentativa de modelá-los para uma solução via computador, como por exemplo, o simples fato de reconhecer uma pessoa numa foto. Em muitos casos o problema é a construção do algoritmo computacional, em outros, o problema é o tempo de execução desses algoritmos, e já em outros, o problema reside na forma como os computadores atuais lidam com as informações (BONA, 2005).

De tal forma que Goldbarg; Luna (2005) afirmam que os modelos são representações simplificadas da realidade que preservam, para determinadas situações e enfoques, uma experiência adequada. E o poder da representatividade é a característica do modelo que o torna desejável.

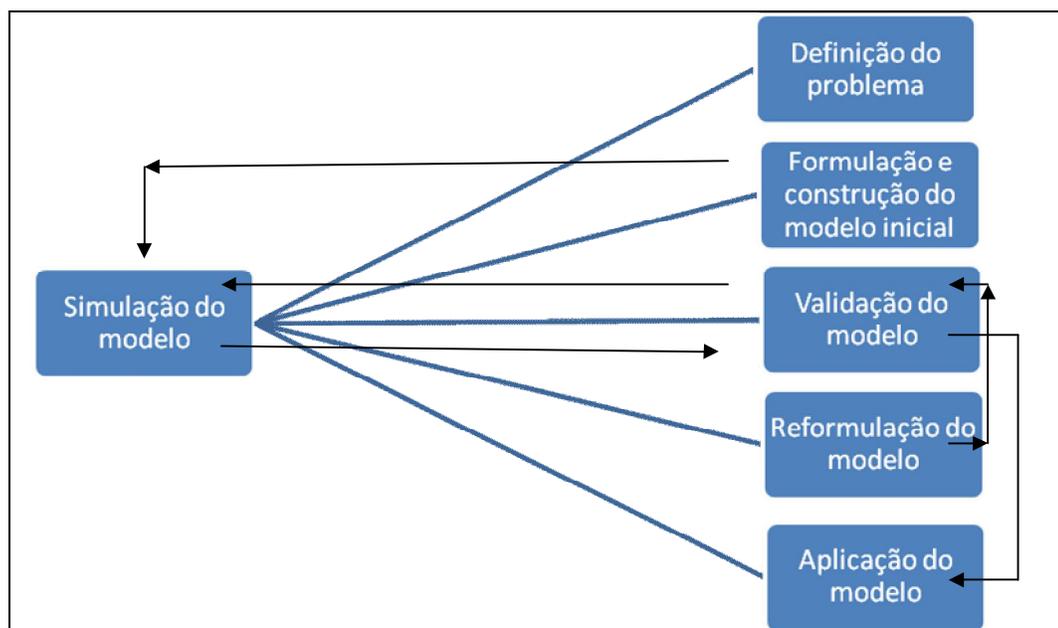
A busca de solução para problemas de elevado nível de complexidade computacional tem sido um desafio constante para pesquisadores das mais diversas áreas (BONA, 2005). Terada (1991, p. 5) afirma que “a complexidade de um problema é medida através do consumo do tempo ou do número de operações executadas para resolvê-lo”.

A técnica de otimização probabilística é aplicável em casos em que as incertezas são bem representadas por poucos modelos, já que a otimização simultânea requer que todos os modelos sejam simulados a cada iteração do processo de simulação. (NOGUEIRA, 2008).

Ainda segundo Goldbarg; Luna (2005), as fórmulas ou equações dos modelos de otimização não existem prontas e acabadas, tendo que ser identificadas ou criadas. E o rigor da formulação desse processo envolvem: intuição, experiência, criatividade e poder de síntese.

No processo de modelagem para construção de modelos operacionais (Figura 20), a definição do problema é uma das fases mais importantes e compreende a clara percepção do desafio colocado.

Figura 20 – O processo de construção de modelos



Fonte: Goldberg; Luna (2005)

E, baseado na problemática encontrada nesta Tese, Costa (2014a) desenvolveu um algoritmo de otimização probabilística, que associou dados de diferentes fontes (classificação via sensoriamento remoto e dados de produção declarados pelos entrevistados), conectados por uma chave primária. Este método transformou mapas de pixels em mapas de realidade pela transferência de significados por estatísticas para os pixels de um mapa.

Costa (2014b) indicou um caminho para que o uso das estatísticas disponíveis fosse base de significação dos mapas de pixels em circulação, considerando que o que os mapas comunicam depende do significado das classes, que se construíram com critérios de pixels, e o que elas abrigam sobcritérios da realidade depende da estrutura conceitual que decodifica a realidade, especificando a partir daí seus problemas e elegendo o rol de eventos relevantes que poderiam estar abrigados nas classes de pixels.

Exemplificando, considerando um conjunto B de informações estatísticas sobre tipos de uso, dimensões, resultados, etc., cujos conteúdos são elementos descritivos do que se passa no espaço real A_R sem, entretanto, encontrar nele referência concreta, em sentido metodológico. E, dado que qualquer B, se referindo a A_R , se refere de algum modo aos seus elementos, associações probabilísticas poderão ser feitas.

$$B_m = \{m | m = \text{usos de } a_R\}$$

(Eq. 4.1 – Estatísticas do uso de áreas reais)

$$B_{em} = \{e_m | e_m = \text{extensão do uso de } a_R \text{ associado a } m \in B_m; a_e = \square e_m\}$$

(Eq. 4.2 – Estatísticas de extensão do uso de áreas reais)

$$B_{rm} = \{r_m | r_m = \text{expectativa de refletância do uso de } a_R \text{ associado a } m \in B_m\}$$

(Eq. 4.3 – Estatísticas de expectativa de refletância do uso de áreas reais)

A organização das informações estatísticas considerando critérios válidos para as informações do mapa de pixels pode ser feita da seguinte forma, como segue:

$$B_{ms} = \{m_s | m_s \in B_m \wedge [(s-1)/S].\max(r_{ij}) < r_m < (s/S).\max(r_{ij}), r_m \in B_m, r_{ij} \in A_{\alpha r}, \forall s=1, \dots, S\}$$

(Eq. 4.4 – Estatísticas de usos m por classes s)

$$B_{mse} = \{e_{ms} | e_{ms} \in B_{em} \wedge [(s-1)/S].\max(r_{ij}) < r_m < [(s/S).\max(r_{ij}), r_m \in B_{rm}, r_{ij} \in A_{\alpha r}, \forall s=1, \dots, S, a_{mes} = \square e_{ms}\}$$

(Eq. 4.5 – Estatísticas de área plantada)

$$B_{msp} = \{p_{ms} | p_{ms} = e_{ms} / \square e_{ms}; \square p_{ms} = 1\}$$

(Eq. 4.6 – Estatísticas de distribuição de probabilidades de usos específicos)

Como resultado, têm-se, a partir de pesquisa direta (censos agropecuário, por exemplo), os usos da área total a_R (Equação 4.1) do trato espacial A_R . Por pesquisa direta, também, sabe-se a extensão desses usos, abrigados na Equação 4.2. Na Equação 4.3, a partir de conhecimento laboratorial ou tácito, pesquisa amostral ou universal, direta ou indireta, têm-se valores médios presumidos de refletância para cada uso. Tais valores são condicionados por variáveis de tempo (hora do dia, dia do ano, etc.) e espaço (inclinação de incidência da luz, umidade do ar, etc.). Os valores r_m permitem a observação de uma tangência entre os sistemas de informações A (relativo aos pixels) e B (relativo às estatísticas), tanto mais nítida, quanto maior o grau de acerto da presunção sobre a refletância para m, resultado, por suposto, do nível e extensão do conhecimento associado a A_R .

Com efeito, o conjunto B_{ms} (Equação 4.4) contém os usos m por classes s utilizando os mesmos critérios de classificação dos pixels que representa uma área real. As informações estatísticas inerentemente espaciais (área plantada) informam em B_{mse} i) quanto de área (e_{ms}) requereu o modo m de utilização do espaço real, do qual se presume derivar forma física que, consideradas as experiências analisadas e os experimentos efetuados, produz padrão de refletância s nas condições médias reinantes em A_R e ii) quanto de área total (Σe_{ms}) foi

utilizado por todas as formas m que se enquadraram nas especificidades do padrão de refletância s (Equação 4.5). Disso resulta, para cada classe s , uma distribuição de probabilidades ($p_{ms}=e_{ms} / \sum e_{ms}$) de ocorrência de m , elementos do conjunto B_{msp} (Equação 4.6).

5 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Neste capítulo são caracterizados aspectos históricos e socioeconômicos das regiões de Paragominas e Santarém, além de análises ambientais das 36 micro bacias hidrográficas investigadas nessas áreas.

5.1 Município de Paragominas (Região de Paragominas)

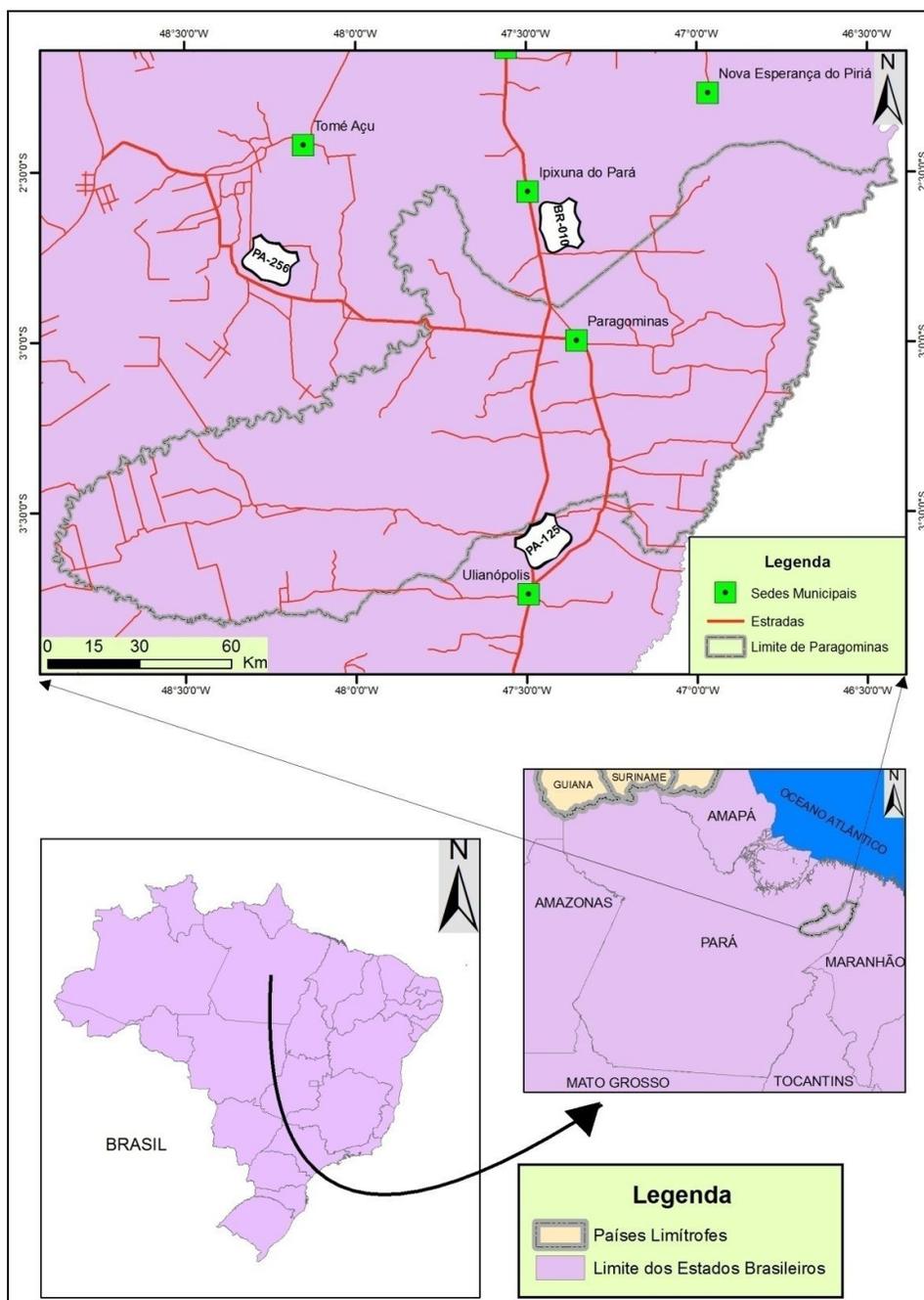
O município de Paragominas limita-se com os municípios Dom Eliseu, Ipixuna do Pará, Goianésia do Pará, Nova Esperança do Piriá e Ulianópolis no estado do Pará e Centro Novo do Maranhão, no estado do Maranhão. O mapa 4 ilustra a localização desta área de estudo em relação ao Brasil e dentro do estado do Pará.

O município localiza-se na zona fisiográfica guajarina, mesorregião do Sudeste Paraense e microrregião de Paragominas, distando cerca de 300 km por via rodoviária de Belém, a capital do Pará. A sede municipal de Paragominas encontra-se nas coordenadas geográficas 03° 00' 00" S e 47° 21' 30" O, com altitude de 90 metros em relação ao nível do mar.

Segundo estatísticas extraídas do Anuário do Pará 2011-2012 (2011), a população total de Paragominas em 2010 é de 97.819 habitantes, dos quais 76.514 estão na zona urbana (78,22%) e 21.305 residem nas áreas rurais (21,78%), conferindo a este município forte predomínio de população urbana em detrimento daquela que habita a zona rural. Sua área geográfica é de 19.341,9 km² e a densidade demográfica média apresenta valor de 5,06 hab/km².

O clima desta região é mesotérmico e úmido e a maior concentração de chuvas prevalece de janeiro a junho, implicando grandes excedentes hídricos e, conseqüentemente, grandes cheias dos rios, com precipitação média anual de 2.400 mm. O relevo é recoberto por Tabuleiros relativamente elevados e aplainados, formas colinosas dissecadas, baixos tabuleiros, terraços e várzea. Faz parte da unidade planalto sul do Pará-Maranhão. A vegetação é composta por floresta densa da sub-região dos altos platôs do Pará-Maranhão, floresta densa de planície aluvial e dos terraços. Constantes desmatamentos reduziram a cobertura original, dando lugar à mata secundária. Em termos hidrográficos, as principais drenagens são o Candirá-Açu, Capim, Gurupi, Gurupizinho e Piriá.

Mapa 4 - Localização de Paragominas/PA



Fonte: Processamentos do próprio autor, a partir de CPRM (2008).

A evolução populacional desde 1991 foi de 67.075 para 97.819 habitantes em 2010, representando um aumento de mais de 30.700 habitantes (45,8%) em um interstício de 19 anos. No município existem 186 escolas, das quais 83 são Pré-escolas possuindo 4.870 alunos matriculados, 96 são de Ensino Fundamental contando com 21.918 matriculados e 7 de

Ensino Médio, possuindo 4.105 matriculados. O total de estudantes existentes na rede de ensino são 30.893 (IBGE, 2011).

Na área da saúde, Paragominas conta com 28 estabelecimentos, dos quais 15 são municipais e 13 privados. Não há postos de saúde federais nem estaduais localizados na sede do município. No estado do Pará, a distribuição dos estabelecimentos de saúde é 2,6% federais, 2% estaduais, 70,5% municipais e 25% privados.

No setor viário, o total de veículos cadastrados em Paragominas é de 17.025. Destes, 22,6% são compostos por automóveis, 12,4% por ônibus, 9,2% por caminhonetes e 7,0% por caminhões. A maior representatividade na frota veicular pertence às motonetas, com 45,2%. Em relação à média nacional e estadual, os automóveis possuem parcela de 59% e 36,6%, respectivamente, ônibus, 3,9% e 8,7%, caminhonetes, 6,8% e 7,3%, caminhões, 3,4% e 4,3%. Para as motonetas, a composição nacional é de 22,1% e a estadual é de 38,6% (IBGE, 2011).

5.1.1 Aspectos históricos

Paragominas surgiu no cruzamento entre o antigo trecho da BR-010, que atualmente corresponde à PA-125 e a PA-256. A cidade se estabeleceu originalmente na superfície do planalto localizada acima das planícies de inundação do igarapé Paragominas e do rio Uraim, a partir da formação de um pequeno assentamento de beira de estrada nos primeiros anos da década de 1960, com sua autonomia como município independente datada de 4 de janeiro de 1965, com área desmembrada de parte do distrito de São Domingos do Capim e parte do distrito de Camiranga, que pertencia ao Município de Viseu/PA.

Segundo Acevedo Marin (2009) nos séculos XVIII e XIX registraram-se no Vale do Rio Capim as seguintes formas de trabalho: trabalho escravo de indígenas e dos escravos de origem africana, lavradores de cana dependentes dos donos de engenhos, roceiros, pescadores e pecuaristas. Naquela época já haviam tensões e conflitos com grande concentração de escravos fugidos nas cabeceiras do rio Capim. A região dos baixos vales do rio Capim é uma região de ocupação antiga, entretanto, mesmo a sua várzea não se achava densamente ocupada até as primeiras décadas do século XX.

O processo de ocupação da área que mais tarde daria origem ao município de Paragominas está relacionado ao povoamento do Estado do Pará, na década de 50, a partir da abertura de Rodovias e Projetos de Colonização. Foi efetivada com a presença de camponeses, que foram os pioneiros na região, antes da construção da rodovia Belém-Brasília, seguidos pelas primeiras companhias colonizadoras: Colonizadora Belém-Brasília,

Colonizadora Marajoara e Cidade Marajoara, que não obtiveram êxito. Mais tarde, o governo federal divulgou a instalação de uma colônia federal na região, que nunca chegou a se estabelecer, bem como os planos estaduais para a formação de duas colônias naquele território. Registra-se, também, que antes mesmo da chegada dos camponeses, com autorização do Governo do Estado, especuladores de Goiás haviam penetrado na floresta, ao longo do rio Capim, com o objetivo de efetuar levantamentos e titular terras para compradores de Uberaba e Itumbiara, em Minas Gerais (IDESP, 2011).

Posteriormente, nas décadas de 1960 a proximidade da rodovia BR-010 (Belém-Brasília), provocou uma grande procura pelas terras entre proprietários de Minas Gerais e Espírito Santo, além de companhias de especulação de terras de São Paulo, ao mesmo tempo em que camponeses penetravam na região, com o objetivo de enfrentar a competição com os “grileiros”, que emitiam títulos falsos e os asseguravam, através do uso da força. Houve uma rápida concentração de propriedades, nesse clima de violência, e as tentativas de colonização fracassaram. Porém, muitos colonizadores, na sua maioria imigrantes, se fixaram na área, de onde nasceu um povoado, que foi se estruturando. Posteriormente, devido a sua progressiva expansão, os moradores pleitearam a emancipação política administrativa daquele povoado (IDESP, 2011).

A partir da década de 1960, houve um deslocamento do eixo de povoamento e das atividades econômicas para as estradas, principalmente a BR-010 (Rodovia Federal Belém-Brasília), que dá acesso à Paragominas. E já na década de 1980, a ocupação agropastoril e a exploração madeireira eram muito intensas e economicamente relevantes nas superfícies de planaltos (terras firmes) entre os vales dos rios Capim e Gurupi, que abrange a região de Paragominas. Na década de 1990, novos problemas e perspectivas foram colocados para a região de Paragominas, pois a atividade madeireira estava em declínio, sendo estimulado então o reflorestamento, a atividade moveleira, a atividade agrícola e o agronegócio. Ademais, a mineração teve elevado destaque, principalmente o caulim e a bauxita. (COELHO; MONTEIRO, 2009).

5.1.2 Socioeconomia

A sede de Paragominas funciona como um subcentro regional, devido a presença de áreas comerciais especializadas (varejo, atacado, agronegócio, máquinas e equipamentos diversos).

De acordo com o Anuário do Pará 2011-2012 (2011), para o ano de 2008, o Produto Interno Bruto de Paragominas apresentou o valor de R\$ 851.943.000,00 (oitocentos e cinquenta e um milhões, novecentos e quarenta e três mil reais). Deste total, 13,71% é proveniente de atividades agropecuárias, 35,65% provém da indústria, e 50,64% vem da participação das atividades de prestação de serviços.

Em 2006, o IBGE (2007a) realizou o Censo Agropecuário no intuito de levantar informações fundamentais à compreensão das transformações ocorridas nos últimos dez anos e contribuir para a geração de saldos importantes na economia brasileira. Estes dados reportam as informações colhidas por meio das seguintes variáveis, referidas a 31.12.2006, data de referência da pesquisa: total de estabelecimentos agropecuários, área total dos estabelecimentos agropecuários, área total de lavouras, área de pastagens, área de matas, total de tratores, total de pessoal ocupado, total de bovinos, de bubalinos, de caprinos, de ovinos, de suínos e de aves (galinhas, galos, frangas, frangos e pintos) e as variáveis de produção animal (leite, lã e ovos de galinha).

A tabela 7 ilustra os resultados disponibilizados pelo Censo Agropecuário 2006 para a região de Paragominas (IBGE, 2007b). Identificaram-se 468 estabelecimentos rurais, ocupando cerca de 3.603,5 km², que corresponde a 18,6% do município. O tamanho médio dos estabelecimentos é de cerca de 769,99 hectares.

Em termos de utilização das terras dos estabelecimentos agropecuários há um ligeiro predomínio das pastagens com 44,8%, em relação às matas e florestas que apresentam 43,8%. As lavouras possuem representatividade em torno de 8,4% do uso da terra. Em quase 94% dos estabelecimentos agropecuários existem tratores, com 1,86 trator em média nestas propriedades.

Levantaram-se 2.330 em termos de pessoal ocupado nos estabelecimentos agropecuários, dos quais 820 apresentam laços de parentesco com o produtor (35,2%), enquanto que 64,8% dos empregados contratados não possuem laços de parentesco com o produtor.

O efetivo de pecuária nos estabelecimentos de Paragominas quantificou em 884.186 cabeças os bovinos/bubalinos, quase 19.300 cabeças entre ovinos/caprinos, pouco mais de

23.700 suínos e 144,328 bicos, que correspondem a galinhas, galos, frangas, frangos e pintos. O maior destaque da produção de origem animal é de leite de vaca/búfala com mais de 42 milhões de litros produzidos, seguido pela quantidade de dúzias de ovos de galinha produzidos, com 56.000.

Tabela 7 – Resultados do Censo Agropecuário 2006 na região de Paragominas/PA

Município	Total de estabelecimentos	Área total - ha	Utilização das terras dos estabelecimentos agropecuários					
			Lavouras		Pastagens		Matas e florestas	
			Estabelecimentos	Área (ha)	Estabelecimentos	Área (ha)	Estabelecimentos	Área (ha)
	468	360 354	272	30 419	275	161 578	218	157 884
Paragominas/PA	Pessoal ocupado nos estabelecimentos agropecuários						Tratores existentes nos estabelecimentos agropecuários	
	Total	Com laços de parentesco com o produtor			Empregados contratados sem laços de parentesco com o produtor			
		Estabelecimentos	Total	Estabelecimentos	Total	Estabelecimentos			Total
	2 330	468	820	218	1 510	438	816	
	Efetivo da pecuária nos estabelecimentos agropecuários							
	Bovinos / Bubalinos		Caprinos / Ovinos		Suínos		Aves	
	Estabelecimentos	Número de cabeças	Estabelecimentos	Número de cabeças	Estabelecimentos	Número de cabeças	Estabelecimentos	Número de cabeças
	3 925	884 186	642	19 298	1 777	23 718	3 464	144 328
	Produção de origem animal dos estabelecimentos agropecuários							
	Leite de vaca / búfala		Leite de cabra		Lã		Ovos de galinha	
Estabelecimentos	Quantidade (1 000 l)	Estabelecimentos	Quantidade (1 000 l)	Estabelecimentos	Quantidade (1 000 l)	Estabelecimentos	Quantidade (1 000 dúzias)	
1 954	42 284	2	x	-	-	961	56	

Fonte: Processamentos do próprio autor, a partir de IBGE (2007b).

5.1.3 Bacias hidrográficas de Paragominas/PA

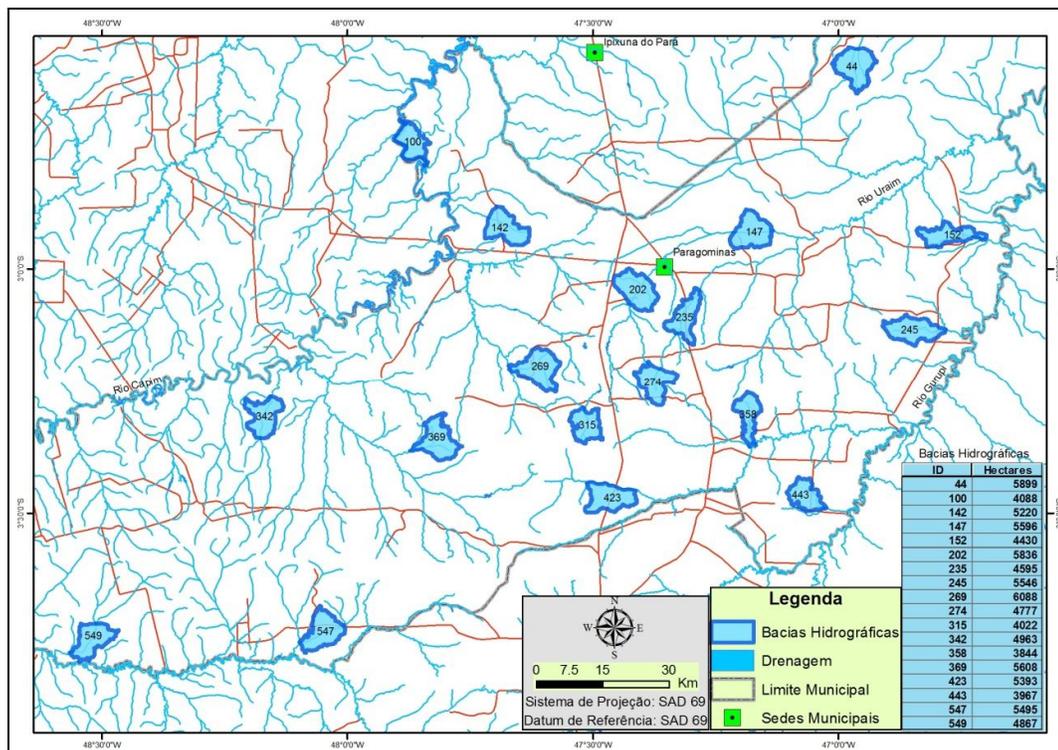
As bacias hidrográficas alvo na região de Paragominas totalizaram 18, apresentando tamanho médio de 5.013,1 hectares (50,1 km²) e perímetro médio de 48,1 km, e sua distribuição espacial na área estudada é apresentada no Mapa 5.

Estas apresentam um código identificador único, sendo que as MB_202 (5.836 ha) e MB_235 (4.595 ha) localizam-se próximas da sede municipal de Paragominas. As MB_269 (6.088 ha), MB_274 (4.777 ha), MB_315 (4.022 ha) e MB_423 (5.393 ha) estão na área de influência da Rodovia Federal BR-010 (Belém-Brasília).

Tem-se 6 MB que estão na porção leste de Paragominas, sendo a MB_44 (5.899 ha), MB_147 (5.596 ha), MB_152 (4.430 ha), MB_245 (5.546 ha), MB_358 (3.844 ha) e MB_443 (3.967 ha). E ainda mais 6 MB dispostas na porção oeste, que são: MB_100 (4.088 ha),

MB_142 (5.220 ha), MB_342 (4.963 ha), MB_369 (5.608 ha), MB_547 (5.495 ha) e MB_549 (4.867 ha), esta última no extremo oeste.

Mapa 5 – Localização das bacias hidrográficas de estudo na região de Paragominas/PA



Fonte: Processamentos do próprio autor, a partir de: SIPAM; IBGE (2004); RAS (2012).

Acerca das características físicas das micro bacias, o elemento forma superficial é importante devido ao tempo de concentração a partir do início da precipitação, necessário para que toda a bacia contribua na seção em estudo, ou seja, tempo que leva a água dos limites da bacia para chegar à saída da mesma. Em geral as bacias hidrográficas dos grandes rios apresentam a forma de uma pera ou de um leque, mas as pequenas bacias variam muito no formato, dependendo da estrutura geológica do terreno. As MB 152 e 358 são alongadas horizontalmente e verticalmente, respectivamente, demonstrando sua peculiaridade, enquanto as MB 44, 369 e 547 possuem formato de leque, típico das grandes bacias.

O coeficiente de compactidade (k_c) é a relação entre o perímetro da bacia (P) e a circunferência de um círculo igual à área da bacia (A), onde a tendência à enchente é maior quanto mais próximo de 1,0 for este coeficiente. Outros fatores contribuem para a ocorrência ou não de enchentes, como o índice de conservação ambiental. A equação que representa K_c é:

$$K_c = 0,28 \cdot P/\sqrt{A}$$

(Eq.5.1 - Coeficiente de Compacidade)

O Fator de forma (Kf) é obtido, medindo-se o comprimento da bacia (L) quando se segue o curso d'água desde a desembocadura até a cabeceira mais distante na bacia. A equação para o cálculo deste coeficiente é:

$$K_f = A/L^2$$

(Eq. 5.2 - Fator de Forma)

A Densidade de drenagem (Dd) é expressa pela relação entre o comprimento total dos cursos d'água de uma bacia e sua área total, e em geral sua variação é de 0,5 km/km² para as bacias de drenagem pobre, a 3,5 ou mais, para as bacias excepcionalmente bem drenadas. Seu valor é definido por:

$$D_d = L/A$$

(Eq. 5.3 - Densidade de Drenagem)

A tabela 8 apresenta as principais características físicas das micro bacias hidrográficas, que são atores de grande importância em seu comportamento hidrológico, devido à existência de uma estreita correspondência entre o regime hidrológico e estes elementos.

As micro bacias 202 e 147 são as que possuem os menores valores de Kc. A MB 152, mais alongada horizontalmente, possui o maior índice. O Fator de Forma (Kf) varia de 0,2 (MB 100, 152, 245 e 358) até 0,8 (MB 274) e 0,9 (MB 202).

Os valores mínimos das declividades de todas as micro bacias foram igual a 0. E segundo classificação proposta por De Biase (1993), considerando a declividade média, as MB mais planas foram as que apresentaram valores menores que 3%, que são: MB 152, 202, 274, 342 e 443. As que possuem relevos variando de plano a suave ondulado são as MB 100, 142, 147, 235, 245, 269, 315, 358, 369, 423, 547 e 549. Na região de Paragominas, somente a MB 44 foi caracterizada com o relevo sendo suave ondulado a ondulado. Pontualmente, no quesito declividade máxima alguns trechos das MB 100, 142, 147, 235, 274, 342, 547 e 549 variam de forte ondulado a montanhoso. E as MB 44, 152, 315, 358, 245, 269, 369, 423 e 443

são ainda montanhosas em determinadas porções de seu território. Apenas a micro bacia 202 apresentou declividade máxima com relevo ondulado a forte ondulado.

Tabela 8 – Características físicas das micro bacias da região de Paragominas/PA

Micro Bacias (MB)	Área (km ²)	Perímetro (km)	Declividade Mínima (%)	Declividade Média (%)	Declividade Máxima (%)	Coefficiente de Compacidade (Kc)	Fator de Forma (Kf)
44	58,8	47,8	0,000	6,035	40,917	1,7	0,5
100	40,9	50,5	0,000	3,489	39,350	2,2	0,2
142	52,1	43,4	0,000	3,488	25,250	1,7	0,5
147	55,8	42,4	0,000	3,418	36,309	1,6	0,6
152	44,1	58,1	0,000	2,596	43,676	2,4	0,2
202	58,2	42,9	0,000	2,648	16,111	1,6	0,9
235	45,8	51,6	0,000	3,504	24,445	2,1	0,3
245	55,2	49,9	0,000	4,980	54,033	1,9	0,2
269	60,8	53,1	0,000	4,726	41,737	1,9	0,3
274	47,7	45,8	0,000	2,873	37,235	1,9	0,8
315	40,2	43,8	0,000	5,218	49,102	1,9	0,5
342	49,6	49,7	0,000	2,975	23,414	2,0	0,5
358	38,3	48,0	0,000	3,123	41,764	2,2	0,2
369	56,0	53,5	0,000	3,539	41,207	2,0	0,4
423	53,8	44,8	0,000	3,712	40,600	1,7	0,3
443	39,5	42,0	0,000	2,117	44,844	1,9	0,3
547	55,0	49,4	0,000	3,888	32,729	1,9	0,4
549	48,7	49,7	0,000	3,055	26,119	2,0	0,6

Fonte: Processamentos do próprio autor.

5.1.3.1 Histórico de uso e ocupação do solo (*Índice de Conservação Ambiental*)

Em relação ao histórico de uso e ocupação do solo das micro bacias na região de Paragominas, a tabela 9 mostra a evolução da classe de floresta para os anos de 1988, 1994, 2000, 2006 e 2010, conforme trabalho de monitoramento ambiental disponibilizado por RAS (2012).

Tabela 9 – Evolução da Classe de Floresta no período 1988-2010 (Paragominas/PA)

Micro Bacias (MB)	Área (hectares)	Classe Floresta Acumulada - 1988 (%)	Classe Floresta Acumulada - 1994 (%)	Classe Floresta Acumulada - 2000 (%)	Classe Floresta Acumulada - 2006 (%)	Classe Floresta Acumulada - 2010 (%)
44	4409,75	1,00	1,00	0,81	0,68	0,62
100	4086,36	0,87	0,82	0,76	0,61	0,56
142	6078,89	0,91	0,81	0,73	0,47	0,46
147	5382,77	0,71	0,69	0,61	0,65	0,65
152	4766,50	0,41	0,34	0,29	0,24	0,25
202	5823,37	0,48	0,26	0,11	0,05	0,04
235	4015,20	0,45	0,38	0,19	0,15	0,14
245	5579,48	0,45	0,43	0,37	0,40	0,42
269	3832,30	0,86	0,38	0,73	0,62	0,63
274	3953,19	0,93	0,85	0,46	0,36	0,36
315	5876,67	0,49	0,42	0,37	0,25	0,26
342	5213,51	0,93	0,92	0,93	0,87	0,89
358	5495,13	0,41	0,41	0,41	0,40	0,40
369	5603,82	0,98	0,80	0,72	0,62	0,61
423	4583,70	0,65	0,57	0,34	0,13	0,15
443	5522,94	0,53	0,51	0,31	0,19	0,16
547	4963,05	0,96	0,90	0,66	0,37	0,31
549	4867,47	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99

Fonte: Processamentos do próprio autor, a partir de RAS (2012).

Para o ano de 2010, as MB 342 e 549 possuem os maiores índices de cobertura florestal, apresentando pouca variação durante o período analisado, com valores superiores a 85%. As MB 44, 100, 147, 269 e 369 possuem moderado grau de conservação florestal, com valores entre 50% e 80%, e, desde 1988 vêm gradativamente perdendo suas áreas florestais, com as MB 44, 100, 269 e 369 estando num processo mais agressivo de conversão de uso do solo.

As MB 142, 152, 245, 274, 315, 358 e 547 têm baixo grau de cobertura florestal com índices variando entre 20% e 50%. E, finalmente as MB 202, 235, 423 e 443 apresentam baixíssima cobertura florestal, sendo que a MB 202 apresenta apenas 4% de florestas na sua área de drenagem.

Ainda segundo dados calculados por RAS (2012), confeccionou-se as Tabelas 10 e 11 que apresentam respectivamente o histórico de uso e ocupação do solo para as classes Floresta Secundária e Não-Floresta.

Tabela 10 – Evolução da Classe de Floresta Secundária no período 1988-2010 (Paragominas/PA)

Micro Bacias (MB)	Área (hectares)	Classe Floresta Secundária Acumulada - 1988 (%)	Classe Floresta Secundária Acumulada - 1994 (%)	Classe Floresta Secundária Acumulada - 2000 (%)	Classe Floresta Secundária Acumulada - 2006 (%)	Classe Floresta Secundária Acumulada - 2010 (%)
44	4409,75	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
100	4086,36	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01
142	6078,89	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
147	5382,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
152	4766,50	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
202	5823,37	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
235	4015,20	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
245	5579,48	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
269	3832,30	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
274	3953,19	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
315	5876,67	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00
342	5213,51	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
358	5495,13	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
369	5603,82	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
423	4583,70	0,00	0,02	0,00	0,04	0,00
443	5522,94	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
547	4963,05	0,00	0,01	0,02	0,02	0,01
549	4867,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Processamentos do próprio autor, a partir de RAS (2012).

Para as florestas secundárias não foram apresentados dados significativos para esta classe de cobertura do solo. A MB 202 apresentou 6% para esta classe em 1994 e a MB 423 apresentou valor de 4% para o ano de 2006, entretanto, para o ano de 2010, o índice foi de 0% em ambas.

Para 2010, apenas as MB 44, 100 e 547 possuíam esta classe de cobertura, e ainda assim com um índice bem baixo, apontando valor de 1%. As restantes foram registradas com valor de 0% neste indicativo.

Tabela 11 – Evolução da Classe Não-Floresta no período 1988-2010 (Paragominas/PA)

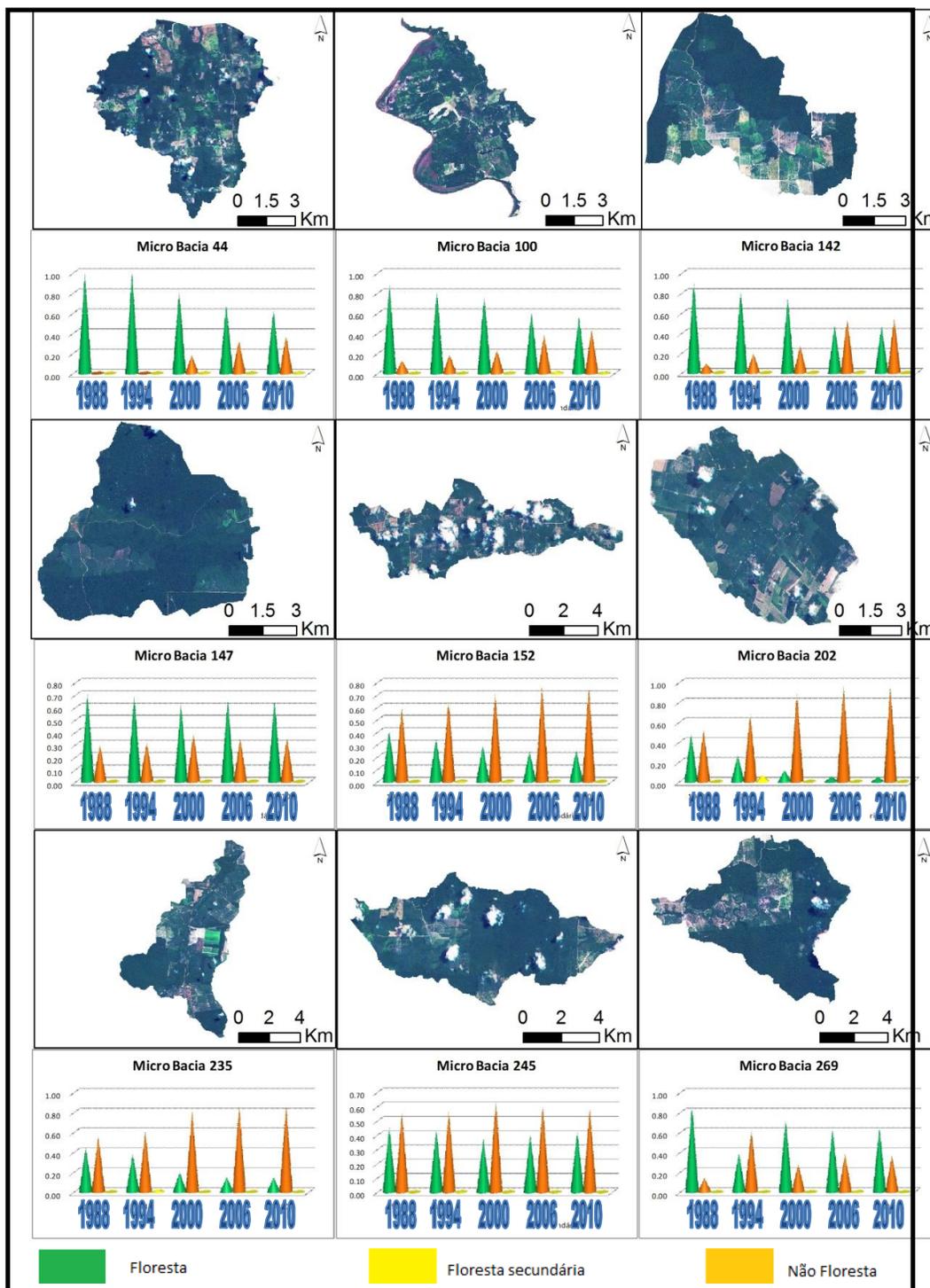
Micro Bacias (MB)	Área (hectares)	Classe Não-Floresta Acumulada - 1988 (%)	Classe Não-Floresta Acumulada - 1994 (%)	Classe Não-Floresta Acumulada - 2000 (%)	Classe Não-Floresta Acumulada - 2006 (%)	Classe Não-Floresta Acumulada - 2010 (%)
44	4409,75	0,00	0,00	0,18	0,32	0,36
100	4086,36	0,12	0,18	0,23	0,37	0,43
142	6078,89	0,09	0,19	0,26	0,53	0,54
147	5382,77	0,29	0,31	0,38	0,34	0,35
152	4766,50	0,59	0,65	0,71	0,76	0,75
202	5823,37	0,52	0,68	0,89	0,95	0,96
235	4015,20	0,55	0,60	0,80	0,85	0,86
245	5579,48	0,55	0,56	0,63	0,60	0,58
269	3832,30	0,14	0,62	0,27	0,37	0,37
274	3953,19	0,07	0,13	0,54	0,64	0,64
315	5876,67	0,51	0,56	0,63	0,74	0,74
342	5213,51	0,06	0,08	0,07	0,11	0,11
358	5495,13	0,59	0,58	0,59	0,60	0,60
369	5603,82	0,02	0,19	0,27	0,37	0,39
423	4583,70	0,35	0,41	0,65	0,83	0,85
443	5522,94	0,47	0,48	0,69	0,80	0,84
547	4963,05	0,04	0,09	0,31	0,61	0,68
549	4867,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Processamentos do próprio autor, a partir de RAS (2012).

As MB 342 e 549 possuem baixíssimo índice de uso alternativo do solo em suas superfícies, enquanto que as MB 202, 235, 423 e 443 são as mais degradadas, contendo mais de 80% da classe não floresta.

A Figura 21 ilustra as micro bacias 44, 100, 142, 147, 152, 202, 235, 245 e 269, tendo como plano de fundo a imagem do satélite de alta resolução *RapidEye* (resolução espacial de 5m), datada de Abri/11, contendo um gráfico que sistematiza os valores das 3 classes de uso e ocupação do solo dispostas nas tabelas 9 a 11.

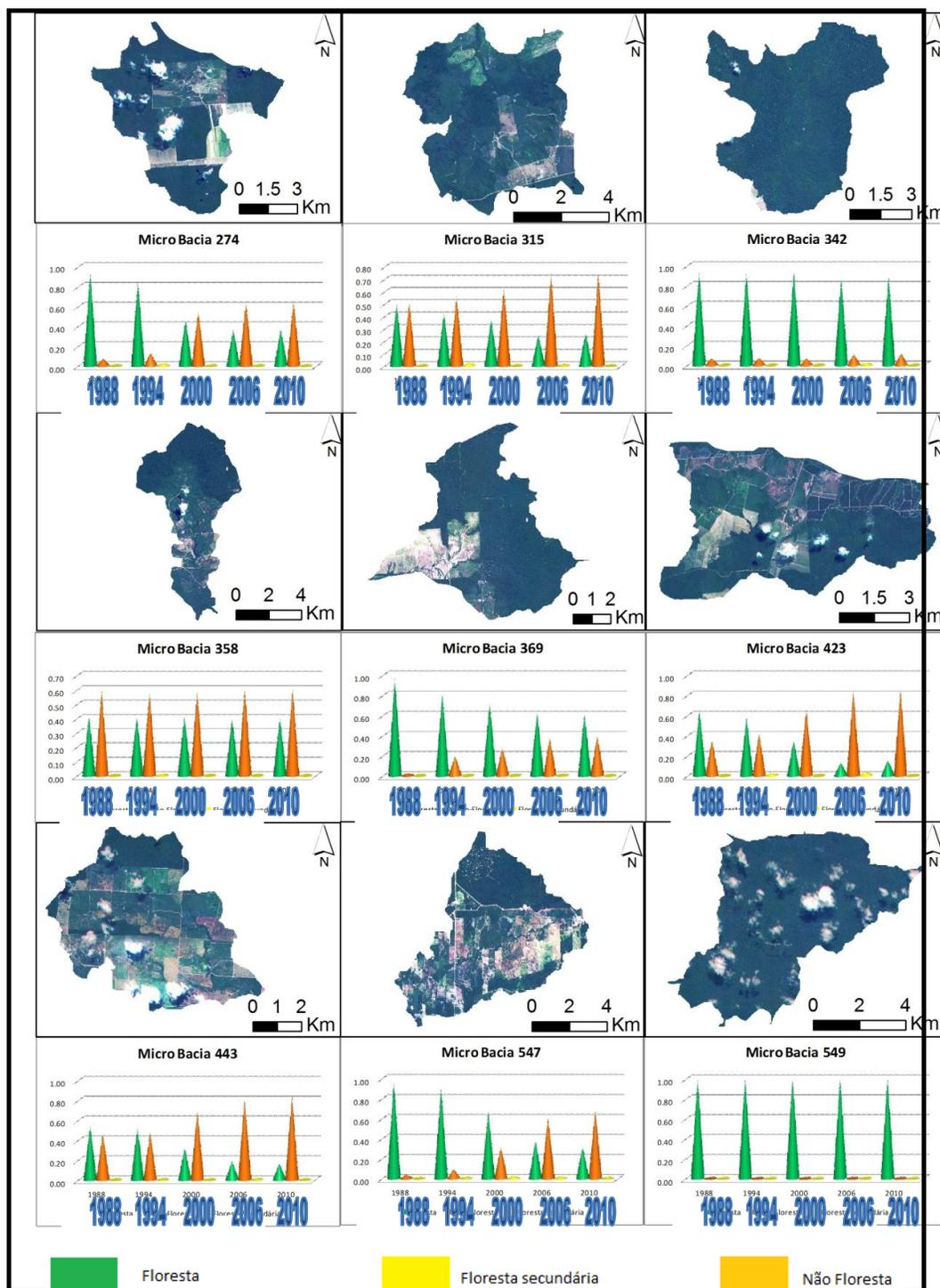
Figura 21 – Mapa-Imagem de 9 micro bacias da região de Paragominas/ PA (MB 44, 100, 142, 147, 152, 202, 235, 245 e 269), contendo gráficos de evolução de uso e ocupação do solo, no período 1988-2010.



Fonte: Processamentos do próprio autor, a partir de RAS (2012).

A Figura 22 utiliza a mesma técnica apresentada no parágrafo anterior para confecção dos produtos mostrados na Figura 2, mas aplica-se as micro bacias 274, 315, 342, 358, 369, 423, 443, 547 e 549.

Figura 22 – Mapa-Imagem de 9 micro bacias da região de Paragominas/PA (MB 274, 315, 342, 358, 369, 423, 443, 547 e 549), contendo gráficos de evolução de uso e ocupação do solo, no período 1988-2010.



Fonte: Processamentos do próprio autor, a partir de RAS (2012).

5.2 Municípios de Santarém e Belterra (Região de Santarém)

Os municípios de Belterra e Santarém¹⁶, aqui denominados como região de Santarém, limitam-se com os municípios de Alenquer, Aveiro, Curuá, Óbidos, Juruti, Monte Alegre, Placas, Prainha, Rurópolis e Uruará (todos no estado do Pará). O mapa 6 identifica a localização desta área de estudo em relação ao Brasil e dentro do estado do Pará.

Esses municípios localizam-se na zona fisiográfica do oeste do Pará, mesorregião do Baixo Amazonas e microrregião de Santarém, distando entre si cerca de 50 km. A sede municipal de Santarém encontra-se nas coordenadas geográficas 02° 17' 30" S e 54° 44' 30" O, com altitude de 35 metros em relação ao nível do mar e a de Belterra está em 02° 35' 00" S e 54° 56' 00" O, com altitude de 152 m.

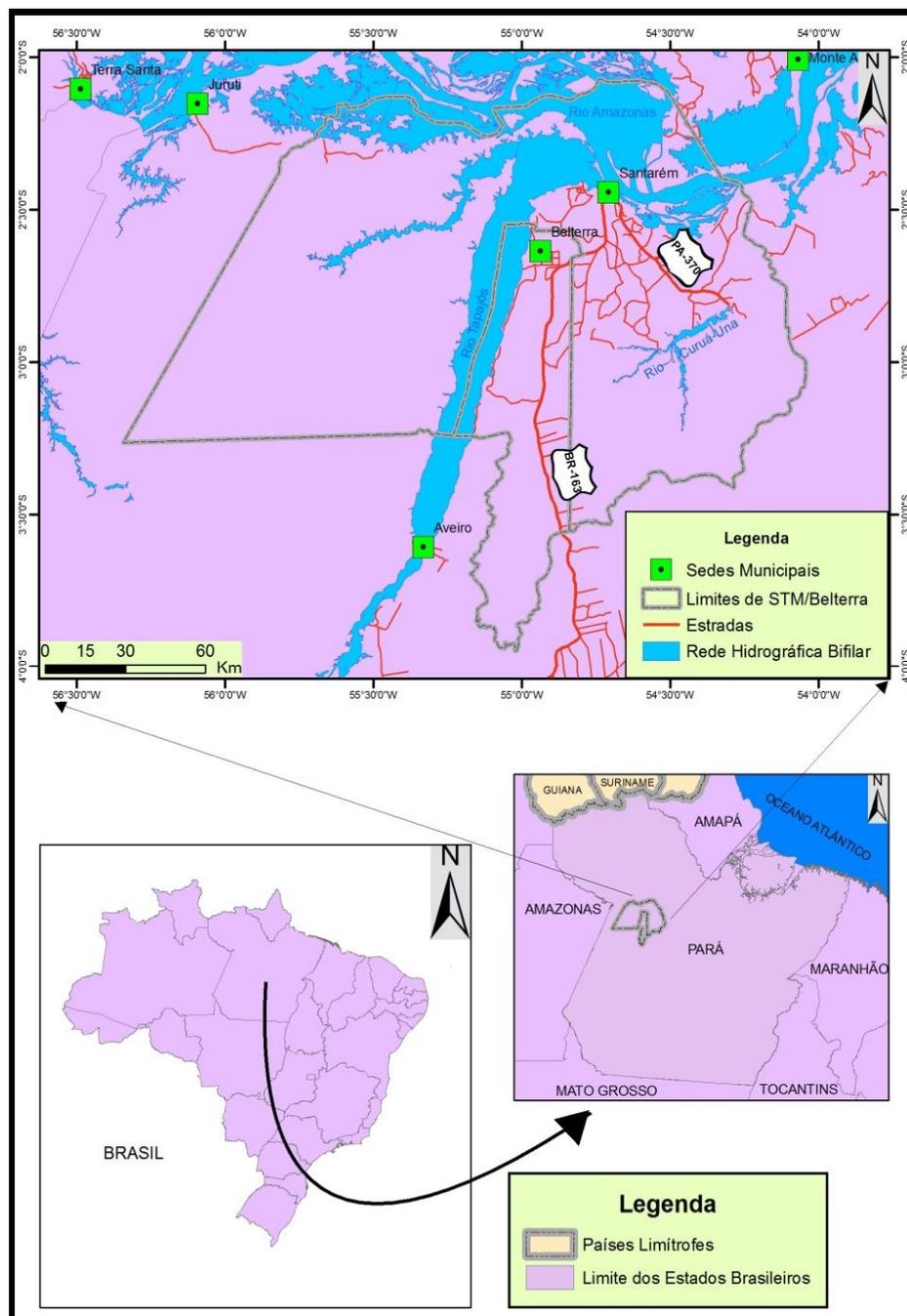
Segundo estatísticas compiladas do Anuário do Pará 2011-2012 (2011), a população total da região de Santarém em 2010 é de 310.898 habitantes, dos quais aproximadamente 225 mil estão na zona urbana (72,45%) e 85.652 residem nas áreas rurais (27,55%). Entretanto, Belterra é mais rural, pois possui 58% dos seus habitantes nesta zona, enquanto Santarém possui forte predomínio urbano, com 73,25%. A área geográfica dos municípios estudados é de 27.285,2 km², e a densidade demográfica apresenta valor de 11,39 hab/km².

O clima desta região possui temperatura elevada, com média anual de 25,6° C e umidade relativa acima de 80% em quase todo o ano. As estações chuvosas coincidem com os meses de dezembro a junho e as menos chuvosas de julho a novembro, com precipitação média em torno de 2.000 mm anuais. O relevo é recoberto por unidades morfoestruturais do planalto da bacia do Médio Amazonas, planalto residual do Tapajós e planalto Tapajós-Xingu. A vegetação é composta por floresta equatorial latifoliada, campos cerrados, espécies arbustivas e subarbustivas, campos aluviais e, nas áreas onde ocorreu desmatamento, capoeira. Em termos hidrográficos, as principais drenagens são o Amazonas e o Tapajós, e, no município de Santarém destacam-se ainda os rios Aruã, Arapiuns e Curuá-Una, e neste último

¹⁶Na sessão de 20/08/2009 do Tribunal Superior Eleitoral, cujo relator foi o Ministro Ricardo Lewandowski e o interessado o Tribunal Regional Eleitoral do Pará, foi decidido por unanimidade a homologação do plebiscito realizado em Santarém/PA, que objetivou a criação do Município de Mojuí dos Campos/PA (PARA.TSE, 2009), mediante o desmembramento de parte do território de Santarém/PA. Segundo TSE (2010), em 15/03/2010, o Tribunal Regional Eleitoral do Pará (TRE-PA) decidiu por maioria de votos suspender as eleições municipais de Mojuí dos Campos, que seriam realizadas no dia 28 de março do mesmo ano, e, dessa forma Mojuí dos Campos continua sob a jurisdição de Santarém até que as eleições municipais sejam consumadas, o que poderá ocorrer somente em outubro de 2012. Isto posto, considerou-se para fins desta tese que Mojuí dos Campos continua pertencendo à jurisdição de Santarém/PA.

encontra-se instalada uma usina hidrelétrica que leva o mesmo nome do curso d'água e foi a primeira hidrelétrica construída na Amazônia.

Mapa 6 - Localização dos municípios Belterra e Santarém/PA



Fonte: Processamentos do próprio autor, a partir de CPRM (2008).

Na região de Santarém, a evolução populacional desde 1991 foi de 265.062 para 310.898 habitantes em 2010, representando um aumento de mais de 45.800 habitantes

(17,3%) em um interstício de 19 anos. No município existem 835 escolas, das quais 235 são Pré-escolas possuindo 9.507 alunos matriculados, 567 são de Ensino Fundamental contando com 69.308 matriculados e 33 de Ensino Médio, possuindo 18.642 matriculados. O total de estudantes existentes na rede de ensino são 97.457 (IBGE, 2011).

Na área da saúde, Belterra e Santarém possuem 120 estabelecimentos, dos quais 2 são federais, 3 estaduais, 91 municipais e 24 privados. No setor viário, o total de veículos cadastrados é de 52. 252. Destes, 35,5% são compostos por automóveis, 5,1% por ônibus, 8,6% por caminhonetes e 4,2% por caminhões. A maior representatividade na frota veicular pertence às motonetas, com 43,3% (IBGE, 2011).

5.2.1 Aspectos históricos e econômicos

Santarém foi fundada pelo padre João Felipe Bettendorff no dia 22 de junho de 1661, e naquela época sua denominação era Aldeia Tapajós, sua elevação à categoria de cidade ocorreu em 24 de outubro de 1848, constituindo-se uma das mais antigas cidades do estado. Belterra se tornou independente em 28 de dezembro de 1995, por meio da Lei Estadual n.º 5.928, desmembrando-se do município de Santarém/PA.

Segundo Amazonas (2011), a história econômica de Santarém tem seus primórdios nas atividades econômicas desenvolvidas pelos índios tupaius, cujos principais produtos cultivados eram o algodão, o cará, a batata doce, o cajurú, o urucu, o cunambi, o timbó, a pupunha e, principalmente o milho e a mandioca. A pesca e o extrativismo animal também constituíam a economia local do período. Desde o início da colonização, a economia do Município de Santarém sempre se caracterizou pelos diferentes ciclos que experimentou. No século XVII, o **primeiro ciclo econômico** de Santarém foi o das “drogas do sertão” - cacau, cravo, salsaparrilha, baunilha, manteiga de ovo de tartaruga, pimentas variadas, bálsamo de copaíba, puxuri, anil e guaraná. A mão de obra indígena foi primordial, pois os índios tupaius, além de exímios caçadores e pescadores, eram excelentes coletores das drogas do sertão.

No século XVIII, a cultura do cacau foi a base econômica de Santarém e a lavoura cacaeira passou a ser o principal produto de exportação, iniciando o **segundo ciclo econômico**. No século XIX, período marcado pela urbanização da cidade e pelo crescimento da economia regional, tem-se o **terceiro ciclo econômico, o Ciclo da Borracha**, impulsionado pela descoberta da vulcanização, em 1839, pelo químico Nelson Goodyear, transformando o produto em um bem de grande valor industrial para o setor automobilístico. A supremacia deste produto se estendeu até a primeira década do século XX, quando

aconteceu o declínio das exportações devido à entrada da borracha asiática nos mercados americano e europeu, causando uma crise econômica e social sem precedentes na história do Município, com impactos negativos no comércio, na agricultura, no emprego, no sistema de transporte fluvial etc.

Em 1945, a Empresa FORD desistiu do seu empreendimento de produção de borracha no Tapajós, que fora iniciado em 1927. As plantações de seringueira passaram ao governo, sob a administração direta do Ministério da Agricultura. Em 1958 foi criado o Estabelecimento Rural do Tapajós (ERT), para incentivar a produção agropecuária na região. A produção de borracha não foi abandonada, mas perdeu espaço para a criação de gado (PINTO, 2010).

5.2.1.1 A Imigração nordestina

Por causa do “flagelo da seca”, em 10 meses, a partir de junho de 1957, 1730 imigrantes do Nordeste chegaram a Santarém. Essa foi a maior das levas de retirantes desde o final da exploração da borracha. Em outubro de 1957 foi fundada a União Beneficente dos Nordestinos, na colônia de Mojuí dos Campos, que teria por principal objetivo a ajuda e assistência aos imigrantes nordestinos, que se estabeleceram principalmente nesse núcleo. Em março de 1960, o governador Moura Carvalho baixou ato criando a Colônia Agrícola de Mojuí dos Campos, um centro de produção agrícola formado por imigrantes nordestinos em terras férteis do planalto santareno, à margem de um igarapé de água corrente e limpa (PINTO, 2010).

5.2.1.2 Projetos inacabados de desenvolvimento econômico

Entre as décadas de 40 e 50 do século passado houve um incremento nas vendas feitas a partir de Santarém. Em 1942 suas exportações somaram Cr\$ 165 mil. Dez anos depois, chegaram a Cr\$ 4,3 milhões, graças à comercialização de juta e, principalmente, madeira. A Companhia de Fiação e Tecelagem de Juta de Santarém (TECEJUTA) começou a existir oficialmente em 10 de novembro de 1951. Seu objetivo era industrializar a juta no seu próprio centro de produção, o Baixo Amazonas. O cultivo da juta era, na metade do século passado, o “esteio” da economia de Santarém – **quarto ciclo econômico**. Introduzida por imigrantes japoneses, teve excelente desempenho nas áreas alagáveis do Baixo Amazonas. Mas a safra de 1952, como as anteriores, não teve qualquer tipo de amparo: a cheia desse ano causou

prejuízos ao plantio e o preço pago ao produtor não compensava (além disso, apenas a ele era imposto um preço fixado, enquanto a indústria não tinha “a responsabilidade de oferecer um preço mínimo capaz de proporcionar vantagens ao comércio exportador”. Aliado a isso, a TECEJUTA não havia sido inaugurada devido a atrasos burocráticos e só veio a operar tempos depois quando a cultura da juta estava em declínio (PINTO, 2010, p. 333-336).

Em 1960, a instituição ERT possuía 5 postos no Tapajós, e ainda continuava o plantio de seringueira e a produção de borracha em Belterra e Fordlândia, e a prática da pecuária. Em julho de 1963 o presidente João Goulart determinou, por despacho, ao superintendente da Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA), antecessor da SUDAM que, a “fim de não retardar a construção da “1ª hidrelétrica da Amazônia”, fossem “tomadas as providências efetivas visando assegurar a 1ª prioridade aos estudos e à construção da usina do rio Curuá-Una, em Santarém, cujo projeto era de 30.000 kw (PINTO, 2010, p. 344-346).

Na década de 1970 houve o **quinto ciclo econômico, o Ciclo da Pimenta doReino**, desenvolvida pelos colonos japoneses. O Estado do Pará chegou a ser o maior produtor nacional neste período, marcado também pelo Ciclo dos Investimentos do Governo Federal (AMAZONAS, 2011).

A inauguração oficial da Santarém-Cuiabá deu-se em 20 de outubro de 1976, e, segundo as estatísticas oficiais, a BR-163 possui cerca de 1.777 quilômetros. O trecho que se inicia em Santarém e vai até o entroncamento com a Transamazônica, na sede do município de Rurópolis, acabou sendo influenciado mais pelo tipo de colonização oficial dirigida, comandada pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA): pequenos proprietários conseguiram se instalar em alguns lotes em áreas que não foram absorvidas pela Floresta Nacional do Tapajós, que foi criada em 22 de fevereiro de 1974.

O anseio da região de Santarém de mais de um século para estabelecer ligação por terra com o restante do território brasileiro tentou ser materializado com a estrada Santarém-Cuiabá, a construção de um porto público e a hidrelétrica de Curuá-Una, formando uma tríade de desenvolvimento, isso ainda na década de 1970, conhecida também pelo **Ciclo dos investimentos patrocinados pelo Governo Federal – sexto ciclo econômico**. Entretanto, ao invés de se tornar um centro de dinamização da região e se consolidar como pólo autônomo, Santarém se tornou um ponto de passagem, um elemento no circuito de extração de riquezas naturais do sertão brasileiro e seu lançamento aos mercados mundiais (PINTO, 2010).

Em 1968, o Ministério do Interior criou um grupo de trabalho para desenvolver o Projeto Tapajós, que objetivava conhecer o valor econômico das ocorrências de ouro e cassiterita existentes na região entre os rios Tapajós e Jamanxim (PINTO, 2010). O extrativismo mineral correspondeu ao **sétimo ciclo econômico, o Ciclo do Ouro**, que ocorreu nos anos 1980 e trouxe mudanças sócioeconômicas bastante significativas. Desenvolvida no Vale do Tapajós as atividades auríferas demandavam, de forma acentuada, bens de consumo e serviços do mercado santareno, que passou a canalizar a maior parte dos recursos financeiros da região. Foi um período de crescimento acelerado da população na zona urbana, das atividades agropecuárias, comerciais, industriais e de serviços. Os impactos do declínio deste ciclo provocaram uma crise profunda na economia do município. Os anos 1990 trouxeram novas questões quanto às desvantagens da economia depender de um modelo econômico primário-exportador com baixa capacidade de agregar valor e de gerar efeitos multiplicadores internamente, sem estimular a verticalização da produção (AMAZONAS, 2011).

Segundo Pinto (2010), Santarém é uma das grandes vítimas do chamado milagre econômico e do modelo de ocupação da Amazônia. As grandes obras que foram realizadas – a estrada, o porto e a hidrelétrica – foram definidas por critérios estranhos às populações e ao processo histórico da região. A falta de um planejamento democrático, em que a população interferisse na meta e na escolha dos instrumentos de ação, a falta de compreensão do processo histórico e das necessidades da região, a falta de uma definição das próprias visibilidades, fizeram com que Santarém fosse realmente uma vítima desse processo econômico de ocupação da Amazônia. Processo que é irracional, que serve às grandes empresas de construção, serve à propaganda e aos seus executores, e serve como uma resposta às críticas, mas que, na verdade, não serve à sua população.

Quanto às necessidades sociais, então, o contraste é gritante. Alguns bairros que surgiram não foram criados pela administração municipal, mas pela própria população, que foi se agregando nas áreas aparentemente sem dono, vindos do interior, num processo que deve criar, em médio prazo, o maior problema do país, que é o esvaziamento do meio rural e o inchamento das cidades, bem grave na Amazônia, trazendo incontáveis conseqüências sociais, como o aumento da marginalidade, da prostituição, e do desemprego.

Lúcio Flávio Pinto em entrevista realizada em janeiro/1979 considerava o município de Belterra como uma incógnita que está se transformando em problema quase insolúvel devido à omissão do governo. Nas áreas ribeirinhas do vale do Tapajós (com distância de até 20 km da margem), nota-se um grande abandono das populações.

A única intervenção modificadora na região refere-se à Floresta Nacional do Tapajós. Mas é aí que é mais gritante a distância entre o que está registrado na informação indireta, nos documentos oficiais, e o que existe na realidade. A criação dessa Reserva foi feita de forma arbitrária, a partir de uma visualização em mapa, cartográfica. Porque dentro dessa área da Floresta Nacional do Tapajós (650 mil hectares), existem cidades, como Aveiro, vilas, fazendas, pessoas com situação fundiária indefinida.

5.2.2 Socioeconomia

Conforme apresentado pelo Anuário do Pará 2011-2012 (2011), para o ano de 2008, o Produto Interno Bruto de Santarém apresentou o valor de R\$ 1.713.399.000,00 (um bilhão, setecentos e treze milhões e trezentos e noventa e nove mil reais). Deste total, 9,63% é proveniente de atividades agropecuárias, 14,26% provém da indústria, e 76,12% vem da participação das atividades de prestação de serviços.

A tabela 12 ilustra os resultados disponibilizados para a região de Santarém, agregando os dados dos municípios de Belterra e Santarém (IBGE, 2007b). Identificaram-se mais de 20.800 estabelecimentos rurais, ocupando cerca de 12.240 km², que corresponde a 44,9% dessa área. O tamanho médio dos estabelecimentos é de cerca de 58,77 hectares.

Em termos de utilização das terras dos estabelecimentos agropecuários há um forte predomínio das matas e florestas com 60,3%, em relação aos outros usos. As pastagens ocupam 26,2% e as lavouras possuem representatividade em torno de 10,4% do uso da terra. Em 1,33% dos estabelecimentos agropecuários existem tratores, com 1,59 trator em média nestas propriedades.

Levantaram-se 79.391 em termos de pessoal ocupado nos estabelecimentos agropecuários, dos quais 72.849 apresentam laços de parentesco com o produtor (91,8%), enquanto que 9,2% dos empregados contratados não possuem laços de parentesco com o produtor.

O efetivo de pecuária nos estabelecimentos da região de Santarém/PA quantificou em 535.151 cabeças os bovinos/bubalinos, quase 21.700 cabeças entre ovinos/caprinos, pouco mais de 44.600 suínos e 857.337 bicos, estando inclusas galinhas, galos, frangas, frangos e pintos. Possuem destaques na produção de origem animal o leite de vaca/búfala com quase 1 milhão de litros produzidos e a quantidade de dúzias de ovos de galinha, com 691.000. A produção de leite de cabra foi de 29.000 litros.

Tabela 12 – Resultados do Censo Agropecuário 2006 na região de Santarém/PA

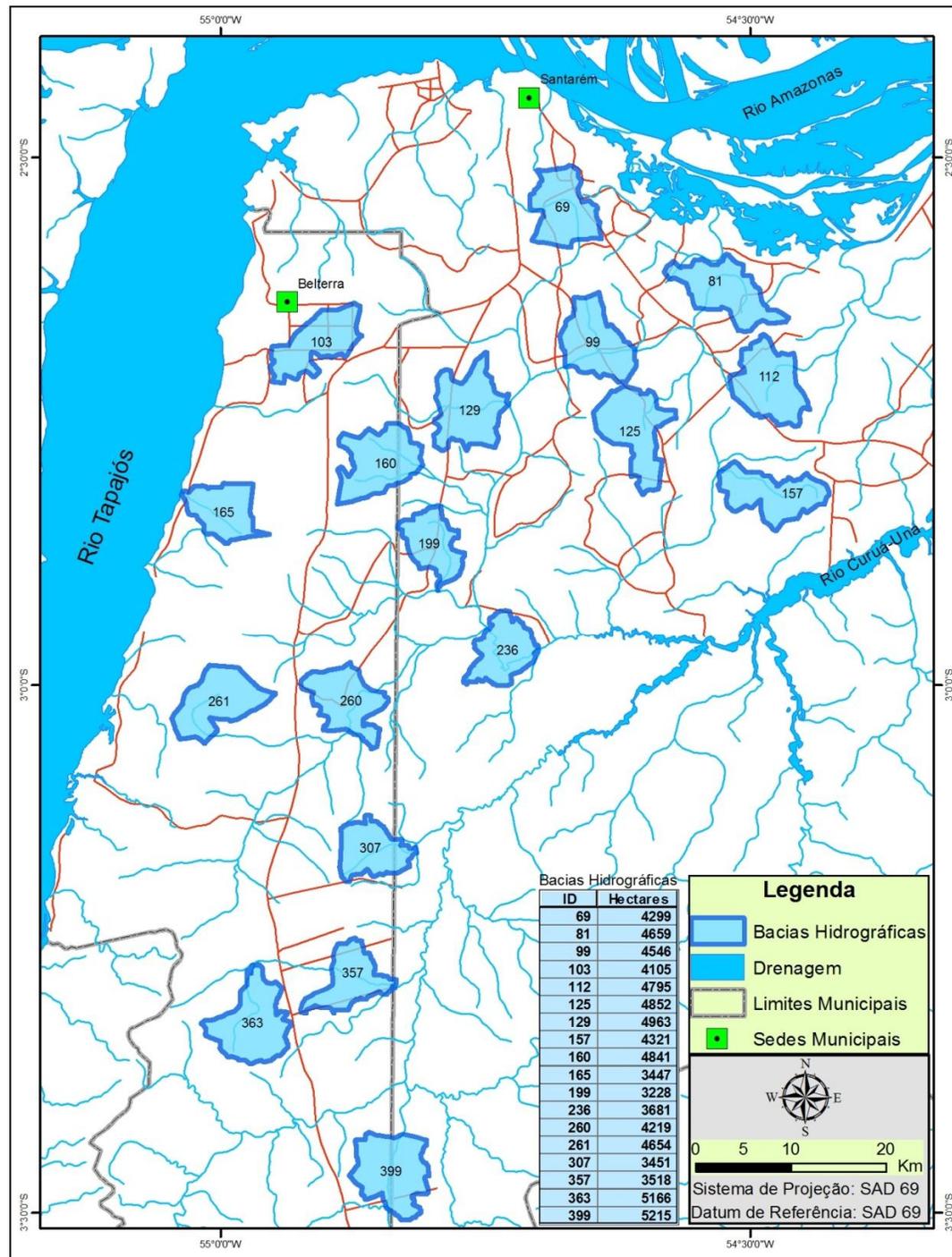
Município	Total de estabelecimentos	Área total – há	Utilização das terras dos estabelecimentos agropecuários					
			Lavouras		Pastagens		Matas e florestas	
			Estabelecimentos	Área (ha)	Estabelecimentos	Área (ha)	Estabelecimentos	Área (ha)
Belterra e Santarém/PA	20.827	1.223.968	20.243	127.123	9.645	320.350	12.051	737.895
	Pessoal ocupado nos estabelecimentos agropecuários						Tratores existentes nos estabelecimentos agropecuários	
	Total	Com laços de parentesco com o produtor			Empregados contratados sem laços de parentesco com o produtor			
		Estabelecimentos	Total	Estabelecimentos	Total	Estabelecimentos			Total
	79.391	20.827	72.849	1.790	6.542	278	442	
	Efetivo da pecuária nos estabelecimentos agropecuários							
	Bovinos / Bubalinos		Caprinos / Ovinos		Suínos		Aves	
	Estabelecimentos	Número de cabeças	Estabelecimentos	Número de cabeças	Estabelecimentos	Número de cabeças	Estabelecimentos	Número de cabeças
	9.151	535.151	945	21.684	3.651	44.622	13.616	857.337
	Produção de origem animal dos estabelecimentos agropecuários							
	Leite de vaca / búfala		Leite de cabra		Lã		Ovos de galinha	
	Estabelecimentos	Quantidade (1 000 l)	Estabelecimentos	Quantidade (1 000 l)	Estabelecimentos	Quantidade (1 000 l)	Estabelecimentos	Quantidade (1 000 dúzias)
243	991	51	29	-	-	1.565	691	

Fonte: Processamentos do próprio autor, a partir de IBGE (2007b).

5.2.3 Bacias hidrográficas de Santarém/PA

As bacias hidrográficas alvo na região de Santarém totalizaram 18, apresentando tamanho médio de 4.330,9 hectares, e sua distribuição espacial na área estudada é apresentada no Mapa 7.

Mapa 7 – Localização das bacias hidrográficas de estudo na região de Santarém/PA



Fonte: Processamentos do próprio autor, a partir de SIPAM; IBGE (2004); RAS (2012).

A MB_69, com 4.299 hectares é a mais próxima da sede de Santarém. A MB_103 (4.105 hectares) situa-se próxima da sede municipal de Belterra. As MB_81 (4.659 ha), MB_99 (4.546 ha), MB_112 (4.795 ha), MB_125 (4.852 ha) e MB_157 (4.321 ha) localizam-

se na área de influência da Rodovia Estadual PA-370, que possui 70 km de extensão e liga Santarém à Hidrelétrica de Curuá-Una.

Tem-se 8 MB que estão na área de influência da Rodovia Federal BR-163 (Cuiabá-Santarém), com a MB_129 (4.963 ha) próxima ao km 45 e a MB_399 (5.215 ha), a mais distante, situada na altura do km 140. As outras 6 estão dispostas entre o km 45 e o km 140 desta estrada, que são: MB_160 (4.841 ha), MB_199 (3.228 ha), MB_236 (3.681 ha), MB_260 (4.219 ha), MB_307 (3.451 ha) e MB_357 (3.518 ha).

As MB_165, MB_261 e MB_363 que possuem respectivamente, 3.447 ha, 4.654 ha e 5.166 ha, têm a particularidade de pertencerem à Unidade de Conservação Federal de Uso Sustentável, denominada Floresta Nacional do Tapajós.

A tabela 13 apresenta as principais características físicas das micro bacias hidrográficas de estudo.

Tabela 13 – Características físicas das micro bacias na região de Santarém/PA

Micro Bacias (MB)	Área (km ²)	Perímetro (km)	Declividade Mínima (%)	Declividade Média (%)	Declividade Máxima (%)	Coefficiente de Compacidade (Kc)	Fator de Forma (Kf)
69	43,0	37,0	0,018	4,780	62,114	1,6	0,6
81	46,6	45,3	0,000	4,698	58,350	1,9	0,3
99	45,5	37,4	0,000	4,401	29,505	1,6	0,7
103	41,0	43,4	0,010	2,370	41,516	1,9	N.D.
112	47,9	39,1	0,000	5,074	49,939	1,6	0,7
125	48,5	44,5	0,000	3,648	29,152	1,8	0,4
129	49,6	45,6	0,000	4,139	25,482	1,8	0,8
157	43,2	46,5	0,004	5,325	36,037	2,0	0,3
160	48,4	42,1	0,004	4,708	27,102	1,7	0,8
165	34,5	33,3	0,000	6,163	61,434	1,6	0,5
199	32,3	35,3	0,017	3,521	25,758	1,7	0,3
236	36,8	38,0	0,000	5,334	30,909	1,8	0,3
260	42,2	42,5	0,000	4,098	29,660	1,8	0,8
261	46,5	41,2	0,000	3,899	48,064	1,7	0,7
307	34,5	34,6	0,000	5,214	27,933	1,6	0,4
357	35,2	37,8	0,000	7,258	44,724	1,8	0,6
363	51,7	46,6	0,022	4,299	43,477	1,8	0,5
399	52,1	41,6	0,000	6,257	44,979	1,6	0,7

Fonte: Processamentos do próprio autor.

As micro bacias 112, 165 e 399 são as que possuem os menores valores de Kc. A MB 157, que é bem alongada horizontalmente, possui o maior índice. O Fator de Forma (Kf) varia de 0,3 (MB 81, 157, 199 e 236) até 0,8 (MB 129, 160 e 260).

Os valores mínimos das declividades da maioria das micro bacias foram igual a 0, com exceção das MB 69, 103, 157, 160, 199 e 363. Segundo classificação proposta por De Biase (1993), considerando a declividade média, apenas a MB 103 possui o relevo mais plano, que é classificado como de várzea. A imensa maioria das MB foram caracterizadas tendo seu relevo variando de plano a suave ondulado, com valores de declividade entre 3% e 6%. E as MB 165, 357 e 399 foram classificadas como suave onduladas a onduladas. Em termos de declividade máxima, houve agrupamento da seguinte maneira: as MB 99, 125, 129, 157, 160, 199, 236, 260 e 307 apresentaram trechos fortemente ondulado a montanhoso. E as MB 69, 81, 103, 112, 165, 261, 357, 363 e 399 são ainda montanhosas, de uma maneira mais íngreme que a região de Paragominas.

5.2.3.1 Histórico de uso e ocupação do solo (Índice de Conservação Ambiental)

Em relação ao histórico de uso e ocupação do solo das micro bacias na região de Santarém, a tabela 14 mostra a evolução da classe de floresta para os anos de 1990, 1994, 2000, 2006 e 2010, conforme trabalho de monitoramento ambiental disponibilizado por RAS (2012).

Tabela 14 – Evolução da Classe de Floresta no período 1988-2010 (região de Santarém/PA)

Micro Bacias (MB)	Área (hectares)	Classe Floresta Acumulada - 1988 (%)	Classe Floresta Acumulada - 1994 (%)	Classe Floresta Acumulada - 2000 (%)	Classe Floresta Acumulada - 2006 (%)	Classe Floresta Acumulada - 2010 (%)
69	4298,83	0,90	0,88	0,43	0,29	0,29
81	4658,60	0,88	0,84	0,48	0,40	0,38
99	4545,63	0,91	0,90	0,47	0,32	0,29
103	4104,90	0,98	0,97	0,63	0,40	0,37
112	4794,51	0,94	0,92	0,47	0,35	0,32
125	4851,90	0,96	0,96	0,69	0,39	0,35
129	4963,43	0,98	0,98	0,63	0,49	0,46
157	4320,54	0,99	0,98	0,84	0,81	0,80
160	4840,78	0,99	0,99	0,81	0,55	0,53
165	3447,09	1,00	0,99	0,97	0,97	0,97
199	3227,58	0,98	0,98	0,46	0,39	0,36
236	3681,27	0,98	0,97	0,81	0,67	0,64
260	4218,98	0,97	0,96	0,66	0,59	0,57
261	4653,63	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99
307	3450,96	0,95	0,95	0,85	0,85	0,84
357	3517,66	0,98	0,97	0,72	0,68	0,67
363	5165,64	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
399	5214,68	0,98	0,97	0,77	0,75	0,75

Fonte: Processamentos do próprio autor, a partir de RAS (2012).

Para o ano de 2010, as MB 157, 165, 261, 307 e 363 possuem os maiores índices de cobertura florestal, com valores iguais ou superiores a 80%. As MB 160, 236, 260, 357 e 399 possuem moderado grau de conservação florestal, com valores entre 50% e 80%, e, desde 1990 vêm gradativamente perdendo suas áreas florestais, e ainda tem-se as MB 69, 81, 99, 103, 112, 125, 129 e 199 estando num processo mais agressivo de conversão de uso do solo, com valores inferior a 50% para floresta.

Ainda segundo dados calculados por RAS (2012), confeccionou-se a tabela 15 que apresenta o histórico de uso e ocupação do solo para as classes Floresta Secundária e Não-Floresta.

Tabela 15 – Evolução das Classes Não-Floresta e Floresta Secundária no período 1988-2010 (região de Santarém/PA)

Micro Bacias (MB)	Área (hectares)	Classe Floresta Secundária Acumulada - 1988 (%)	Classe Floresta Secundária Acumulada - 1994 (%)	Classe Floresta Secundária Acumulada - 2000 (%)	Classe Floresta Secundária Acumulada - 2006 (%)	Classe Floresta Secundária Acumulada - 2010 (%)
69	4298,83	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00
81	4658,60	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00
99	4545,63	0,02	0,00	0,02	0,01	0,00
103	4104,90	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00
112	4794,51	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
125	4851,90	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00
129	4963,43	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
157	4320,54	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
160	4840,78	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
165	3447,09	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
199	3227,58	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00
236	3681,27	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
260	4218,98	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
261	4653,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
307	3450,96	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
357	3517,66	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
363	5165,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
399	5214,68	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
Micro Bacias (MB)	Área (hectares)	N-Floresta Acumulada - 1988 (%)	N-Floresta Acumulada - 1994 (%)	N-Floresta Acumulada - 2000 (%)	N-Floresta Acumulada - 2006 (%)	N-Floresta Acumulada - 2010 (%)
69	4298,83	0,08	0,12	0,54	0,71	0,71
81	4658,60	0,10	0,16	0,51	0,59	0,61
99	4545,63	0,07	0,10	0,51	0,68	0,70
103	4104,90	0,01	0,03	0,36	0,60	0,62
112	4794,51	0,05	0,07	0,52	0,65	0,68
125	4851,90	0,03	0,04	0,30	0,61	0,65
129	4963,43	0,02	0,02	0,35	0,51	0,53
157	4320,54	0,01	0,02	0,15	0,18	0,20
160	4840,78	0,00	0,01	0,18	0,44	0,46
165	3447,09	0,00	0,01	0,02	0,03	0,03
199	3227,58	0,02	0,02	0,51	0,60	0,64
236	3681,27	0,02	0,03	0,18	0,33	0,36
260	4218,98	0,03	0,03	0,32	0,41	0,42
261	4653,63	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
307	3450,96	0,05	0,05	0,14	0,15	0,15
357	3517,66	0,02	0,03	0,27	0,31	0,33
363	5165,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
399	5214,68	0,02	0,03	0,22	0,25	0,25

Fonte: Processamentos do próprio autor, a partir de RAS (2012).

Para as florestas secundárias não foram apresentados dados significativos nesta classe de cobertura do solo. No ano 2000, as MB 69 e 199 apresentaram 3% acumulado. E já no ano 2010, não houve registro de ocupação de floresta secundária que atingisse sequer o valor mínimo de 1%.

As MB 165, 261 e 363 possuem baixíssimo índice de uso alternativo do solo em suas superfícies, contendo valores menores que 5%. As MB 157, 160, 236, 260, 357 e 399 apresentam índice da classe não-floresta variando de 20% a 50%, enquanto que as MB 69, 81, 99, 103, 112, 125, 129 e 199 são as mais degradadas, contendo entre 50% e 75% da classe não floresta. Não há registro de MB com a classe não floresta ocupando mais de 80% em sua superfície.

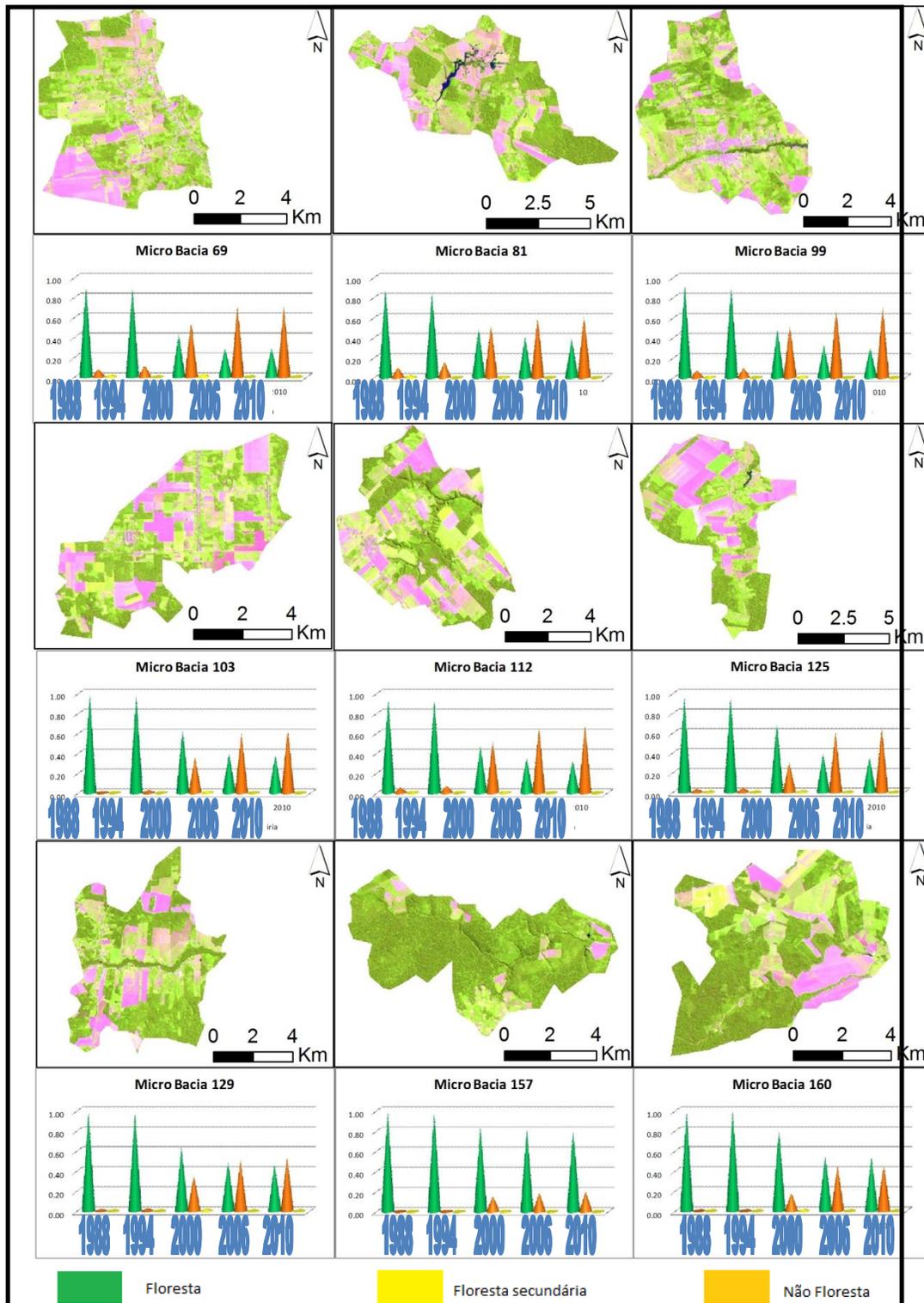
A Figura 23 ilustra as micro bacias 69, 81, 99, 103, 112, 125, 129, 157 e 160, tendo como plano de fundo a imagem do satélite de média resolução LANDSAT 5 processada¹⁷, sensor TM, resolução espacial de 30m), com data de passagem em 29/06/2010, contendo um gráfico que sistematiza os valores das 3 classes de uso e ocupação do solo dispostas nas tabelas 14 e 15.

A Figura 24 utiliza a mesma técnica apresentada no parágrafo anterior para confecção dos produtos mostrados na Figura 23, mas aplica-se as micro bacias 165, 199, 236, 260, 261, 307, 357, 363 e 399.

¹⁷O processamento da imagem LANDSAT 2010 foi efetuado pelo próprio autor e envolveu diversos procedimentos, iniciando pelo georreferenciamento pelo método imagem-imagem (ajuste da imagem a uma outra de referência), utilizando o mosaico georreferenciado e ortorretificado da *National Aeronautics Space Administration* (NASA) S-21-00_2000, obtido a partir do *site* <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>, como essa referência. Após o download da imagem LANDSAT 2010 em <http://www.dgi.inpe.br/CDSR> (INPE, 2012), efetuou-se a composição das bandas na seqüência 1, 2, 3, 4, 5 e 7 através da função “*Composite Bands*”, na caixa de funções “*ArcToolbox*” do *software ArcGIS 9.3.1* e, posteriormente salvo o arquivo, no formato TIF. O registro seguiu o modelo de transformação polinomial de 1ª ordem, com a localização geográfica de 30 pontos de controle, que foram definidos pela coincidência das feições terrestres entre a imagem-base georreferenciada (Mosaico NASA) e a imagem digital bruta de 2010 (LANDSAT). O erro médio RMS (*Root Mean Square*) medido apresentou valor menor que 1 *pixel* (30 metros) para esta imagem.

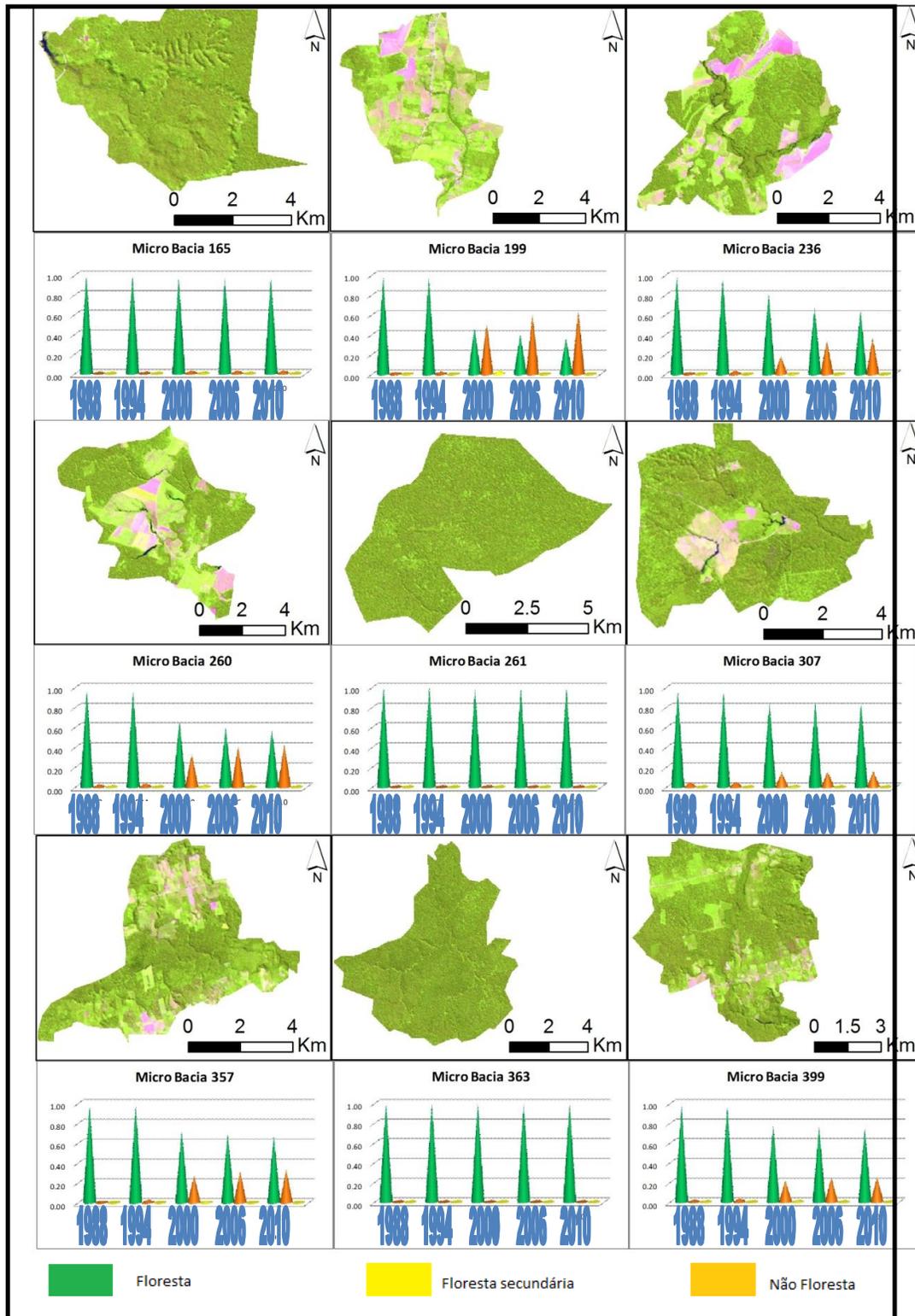
Após o registro, a imagem foi radiometricamente corrigida usando os valores de ganho e “*offset*” para cada banda (USGS, 2007). Para conversão dos valores digitais em valores físicos de reflectância foi aplicada correção atmosférica na imagem LANDSAT utilizando o módulo FLAASH (*Atmospheric Correction Model Input Parameters – Entrada de Parâmetros para Modelo de Correção Atmosférica*), do *software ENVI 4.5 (Environmental for Visualizing Images)*, que transforma valores de radiância para reflectância de superfície. Posteriormente, aplicou-se o Modelo de Mistura Espectral, que simula o processo físico de medição da mistura radiação para cada elemento contido no IFOV (*Instantaneous Field of View – Campo de Visada Instantâneo*) a partir de um modelo linear de mistura. Os dados das imagens reflectância de cada pixel foram decompostos nas frações Nuvem, Solo, Vegetação Verde e Vegetação Não Fotossinteticamente Ativa a partir da análise de mistura espectral (ADAMS; SMITH; GILLESPIE, 1993). Segundo Souza Júnior; Roberts; Cochrane (2005), as 4 frações citadas por Adams; Smith; Gillespie (1993) são esperados em ambientes florestais degradados. O objetivo deste processamento foi realçar as feições de alteração do uso do solo, visto que a imagem LANDSAT possui média resolução espacial.

Figura 23 - Mapa-Imagem de 9 micro bacias da região de Santarém/PA (MB 69, 81, 99, 103, 112, 125, 129, 157 e 160), contendo gráficos de evolução de uso e ocupação do solo, no período 1988-2010.



Fonte: Processamentos do próprio autor, a partir de RAS (2012).

Figura 24 – Mapa-Imagem de 9 micro bacias da região de Santarém/PA (MB 165, 199, 236, 260, 261, 307, 357, 363 e 399), contendo gráficos de evolução de uso e ocupação do solo, no período 1988-2010.



Fonte: Processamentos do próprio autor, a partir de RAS (2012).

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O subcapítulo 6.1 apresenta as impressões de campo durante as entrevistas aplicadas, envolvendo a coleta de dados e sua consolidação por micro bacias, o 6.2 retrata o processo de vetorização dos limites dos estabelecimentos rurais e os resultados encontrados. O subcapítulo 6.3 aborda todo o processo de adaptação do questionário original até atingir a qualificação das trajetórias, e finalmente o último tópico 6.4 aplica recursos avançados do ferramental geotecnológico aos dados gerados.

6.1 Coleta de dados sócio-econômicos e desenho ambiental

As pesquisas de campo se iniciaram na região de Santarém/PA a partir de julho/2010, e deixaram impressões das suas características, como o ciclo doméstico ser altamente relevante, detectando-se casos de migrantes cearenses que replicam o comportamento da sua região de origem, como o fato de ter muitos filhos, existência de pouca especialização nos estabelecimentos rurais, ao contrário de Paragominas, onde predomina massivas fazendas com alto grau de mecanização. Para certas áreas em Santarém/Belterra, o grande produtor após terminar de mecanizar sua área, aluga seu trator para terceiros, e quando este não consegue finalizar a limpeza do seu próprio limite, recorre ao uso do fogo.

Os registros fotográficos de 1 a 4 ilustram algumas das diversas paisagens encontradas durante as entrevistas. A Fotografia 1 é uma área típica de colonos que praticam a queima antes da plantação.

Fotografia 1 – Área queimada antes da plantação



Fonte: Karoline Gonçalves (setembro/2010).

A Fotografia 2 mostra na parte proximal um grande campo de cultura temporária, tendo sua sede de altos e baixos situada ao fundo.

Fotografia 2 – Plantação de cultura temporária



Fonte: Karoline Gonçalves (setembro/2010).

A Fotografia 3 representa uma propriedade de médio porte onde se desenvolve a prática da pecuária, mostrando ainda na parte distal a presença de palmeiras, que é um indicativo de que nesta área ocorre a prática de fogo, pois para que ocorra a germinação destas espécies é necessário um choque térmico para quebra de dormência das sementes.

Fotografia 3 – Atividade de pecuária de médio porte



Fonte: Karoline Gonçalves (setembro/2010).

A Fotografia 4 está numa transição entre floresta secundária e área mecanizada, que está sendo preparada para o plantio de monocultura.

Fotografia 4 – Transição entre floresta secundária e área mecanizada



Fonte: Karoline Gonçalves (setembro/2010).

Em média, cada entrevista completa durou de 2 a 4 horas, dependendo das características do estabelecimento entrevistado. A versão mais curta para domicílio extra, quando necessária sua aplicação, levou cerca de 30 minutos para ser aplicada.

No trabalho de sistematização das informações, a 5ª Etapa consistiu na ingestão dos questionários socioeconômico ambientais ao Banco de Dados e no controle da qualidade dos dados digitais. A Fotografia 5 ilustra o ambiente de trabalho referente a esta etapa que foi efetuada no período de outubro/2011 até abril/2012, no escritório do Projeto LBA, sediado na EMBRAPA-Belém-PA,.

Fotografia 5 – Ambiente de trabalho da sistematização dos questionários na EMBRAPA/Belém/PA



Fonte: Karoline Gonçalves (fevereiro/2011).

O quadro 3 exibe o cronograma de execução da coleta e sistematização dos dados socioeconômico ambientais nas regiões de Santarém/Belterra e em Paragominas/PA, respectivamente, referente às cinco fases das atividades de campo.

Quadro 3 – Cronograma para a região de Santarém/Belterra e Paragominas/PA

Coleta e Sistematização dos Dados Socioeconômicos Ambientais – Santarém	jul-set/10	out-dez/10	jan-mar/11	abr-jun/11	jul-set/11	out-dez/11	jan-abr/12
1ª Etapa - Identificação da família e mapeamento	x						
2ª Etapa - Seleção da família	x						
3ª Etapa – Entrevista	x	x	X				
4ª Etapa - Controle de qualidade do dado		x	X				
5ª Etapa - Entrada digital do dado						x	x
Coleta e Sistematização dos Dados Socioeconômicos Ambientais – Paragominas	jul-set/10	out-dez/10	jan-mar/11	abr-jun/11	jul-set/11	out-dez/11	jan-abr/12
1ª Etapa - Identificação da família e mapeamento			X				
2ª Etapa - Seleção da família			X				
3ª Etapa – Entrevista			X	x	x		
4ª Etapa - Controle de qualidade do dado				x	x		
5ª Etapa - Entrada digital do dado						x	x

Fonte: Processamentos do próprio autor.

A última etapa que correspondeu à ingestão no Banco de Dados e sua validação digital foram finalizadas no mês de abril/2012. A quantidade total de entrevistas consolidadas atingiram 499 registros, sendo que para os processamentos desenvolvidos nesta Tese, 14 foram excluídas do rol de análises em função de apresentarem “Valor Bruto da Produção” nulo, as quais consistiram em propriedades rurais ainda em estágio de implantação e/ou cujos entrevistados se comprometeram, mas depois se recusaram a conceder entrevistas, tornando os questionários incompletos. Em sua grande maioria, estas áreas foram encontradas na região de Paragominas com 11 ocorrências (quase 85% do total).

Outras 6 propriedades foram excluídas pelo fato de serem arrendadas, e quem efetivamente foi entrevistado foi o arrendador, que não é quem produz na terra, existindo lacunas significativas no detalhamento das informações prestadas sobre os estabelecimentos em questão.

Subtraindo-se as propriedades em implantação e as propriedades arrendadas que não apresentaram informação sobre a produção, restaram 479 propriedades consideradas válidas, as quais foram submetidas a um trabalho manual de vetorização dos limites. Nesta etapa, em 14 propriedades, devido à ausência de dados geográficos suficientes, não foi possível sua espacialização. A tabela 16 ilustra a massa de questionários sistematizada, classificadas por micro bacias de estudo nas regiões de Paragominas e Santarém/PA.

Confirmando a expectativa de elevada dimensão das propriedades situadas em Paragominas, ali foram aplicadas 171 entrevistas, com uma média menor que 10 entrevistas por micro bacia (mb), ressaltando-se ainda que em 11 das 18 mb (61,1%) foram entrevistados no máximo 6 estabelecimentos rurais.

Em Belterra e Santarém, com tamanhos de propriedades menores, foram entrevistadas em média 18 propriedades por micro bacia, e em pelo menos 9 mb o quantitativo ultrapassou 20 entrevistados, chegando a até 31 entrevistados na mb112 e a 32 na mb 81. O número total de entrevistas na região de Santarém atingiu 328, sendo quase duas vezes às registradas em Paragominas.

Na região de Santarém foram espacializadas 312 propriedades, que corresponde a 95,1%, e, apenas uma cena de satélite *Landsat* foi suficiente para recobrir toda a área investigada. Em Paragominas e região, o percentual de espacialização foi de 90%, totalizando 154 propriedades. Foram necessárias 3 cenas de satélites *Landsat* para recobrir toda essa região de estudo.

Dessa forma, de um total de 499 entrevistas efetuadas em Santarém e Paragominas, a taxa de sucesso de espacialização obtida correspondeu a 93.2%, ou seja, 465 propriedades. O *software* utilizado para cálculo de áreas, gerenciamento e consolidação dos dados vetoriais foi o *ArcGIS 9.3.1*®.

O teste realizado para validação/exclusão da propriedade delimitada baseou-se na relação entre a área calculada a partir do *software* de SIG pela área declarada pelo entrevistado no módulo 1 do questionário socioeconômico. Se essa relação apresentasse uma variação de até 10%, tanto para mais quanto para menos, a propriedade era considerada como válida, caso contrário, e após verificação da impossibilidade de realização de eventuais ajustes, considerando os insumos disponíveis, a propriedade era então excluída. As propriedades consideradas “Em implantação” e/ou arrendadas, mas que não apresentavam dados de produção do arrendatário já haviam sido excluídas anteriormente.

Tabela 16 – Questionários aplicados na área de estudo

Micro Bacias por microrregião	Questionários Excluídos	Questionários Especializados		Total geral
		Não	Sim	
Paragominas	16	1	154	171
MB 44	-	-	22	22
MB 100	-	1	20	21
MB 142	-	-	4	4
MB 147	1	-	1	2
MB 152	-	-	26	26
MB 202	1	-	25	26
MB 235	3	-	11	14
MB 245	-	-	5	5
MB 269	-	-	5	5
MB 274	-	-	3	3
MB 315	-	-	2	2
MB 342	1	-	-	1
MB 358	1	-	2	3
MB 369	-	-	1	1
MB 423	1	-	5	6
MB 443	1	-	2	3
MB 547	-	-	20	20
MB 549	-	-	-	0
Não informado	7	-	-	7
Santarém	4	13	311	328
MB 69	1	1	27	29
MB 81	-	1	31	32
MB 99	1	-	26	27
MB 103	-	-	28	28
MB 112	-	-	31	31
MB 125	-	-	27	27
MB 129	-	-	27	27

MB 157	1	-	16	17
MB 160	-	-	7	7
MB 165	-	10	8	18
MB 199	-	1	20	21
MB 236	-	-	14	14
MB 260	-	-	6	6
MB 261	1	-	-	1
MB 307	-	-	3	3
MB 357	-	-	18	18
MB 363	-	-	-	0
MB 399	-	-	22	22
Total geral	20	14	465	499

Fonte: Processamentos do próprio autor.

A relação do somatório da área calculada utilizando o *ArcGIS 9.3.1*® pelo somatório da Declarada pelo entrevistado por micro bacia é apresentada na tabela 17.

Tabela 17 – Relação área declarada x área calculada a partir do software SIG

Micro Bacia	Região	ÁreaDeclarada (ha)	Área SIG (ha)	SIG / Declarada
069	Santarém	1.180,07	1.191,76	1,01
081	Santarém	3.683,37	3.694,29	1,00
099	Santarém	593,30	607,99	1,02
103	Santarém	1.878,82	1.894,35	1,01
112	Santarém	3.310,40	3.336,76	1,01
125	Santarém	4.085,45	4.000,01	0,98
129	Santarém	4.184,26	4.263,21	1,02
157	Santarém	8.138,00	8.168,72	1,00
160	Santarém	9.915,00	9.672,07	0,98
165	Santarém	36,00	35,10	0,98
199	Santarém	719,00	705,38	0,98
236	Santarém	4.097,00	4.253,06	1,04
260	Santarém	302,00	298,34	0,99
261	Santarém	32.418,00	32.493,11	1,00
307	Santarém	5.587,00	5.593,11	1,00
357	Santarém	2.750,00	2.809,57	1,02
363	Santarém	-	-	-
399	Santarém	1.878,82	1.894,35	1,01
044	Paragominas	1.275,00	1.274,99	1,00
100	Paragominas	5.597,00	5.312,84	0,95
142	Paragominas	7.066,00	7.055,63	1,00
147	Paragominas	4.300,00	4.317,73	1,00
152	Paragominas	953,00	959,82	1,01
202	Paragominas	6.319,00	6.334,38	1,00
235	Paragominas	7.388,90	7.471,37	1,01
245	Paragominas	27.305,00	27.094,07	0,99
269	Paragominas	13.322,00	13.162,42	0,99
274	Paragominas	7.270,00	7.153,58	0,98
315	Paragominas	12.278,00	12.366,55	1,01
342	Paragominas	-	-	-
358	Paragominas	2.686,00	2.763,81	1,03

369	Paragominas	29.138,00	29.063,71	1,00
423	Paragominas	24.438,00	24.558,68	1,00
443	Paragominas	16.109,00	16.134,45	1,00
547	Paragominas	7.591,00	7.386,22	0,97
549	Paragominas	-	-	-

Fonte: Processamentos do próprio autor.

A indicação de que uma propriedade pertence à determinada micro bacia não significa que a totalidade deste estabelecimento está inserida naquela porção, considerando ainda que os tamanhos médios das mb variam entre 4.330 e 5.000 hectares, e o somatório das áreas das propriedades entrevistadas chega a ultrapassar 29.000 ha (mb 369) e mais de 27.000 ha (mb 245), ou seja quase 6 vezes superior ao tamanho médio das micro bacias, extrapolando totalmente os seus limites.

6.2 Espacialização geográfica dos estabelecimentos rurais entrevistados

A espacialização das propriedades consistiu no levantamento de insumos geoespaciais disponíveis e digitalização manual de cada propriedade, considerando o campo “nr_protocolo” (número do protocolo) como chave primária. A principal fonte de informações para a execução desta etapa foram os questionários socioeconômicos originais disponibilizados pelo Projeto Sustentabilidade dos Usos da Terra na Amazônia Brasileira – Levantamento socioeconômico rural (RAS, 2012).

Inicialmente, foram plotadas todas as coordenadas geográficas das sedes e os *shapefiles* dos transectos disponíveis, que consistiram em seções no terreno com dimensões de 10m x 300m que foram utilizados como unidades amostrais deste Projeto e estavam inseridos no interior das propriedades entrevistadas, trazendo uma importante referência da localização espacial dos estabelecimentos rurais entrevistados. Os questionários que, eventualmente, não apresentavam registro de latitude/longitude ou então alguma inconsistência no formato da coordenada, foram individualmente revisados a partir de consulta aos questionários originais. O conjunto de dados utilizados para construção da base vetorial das propriedades foi:

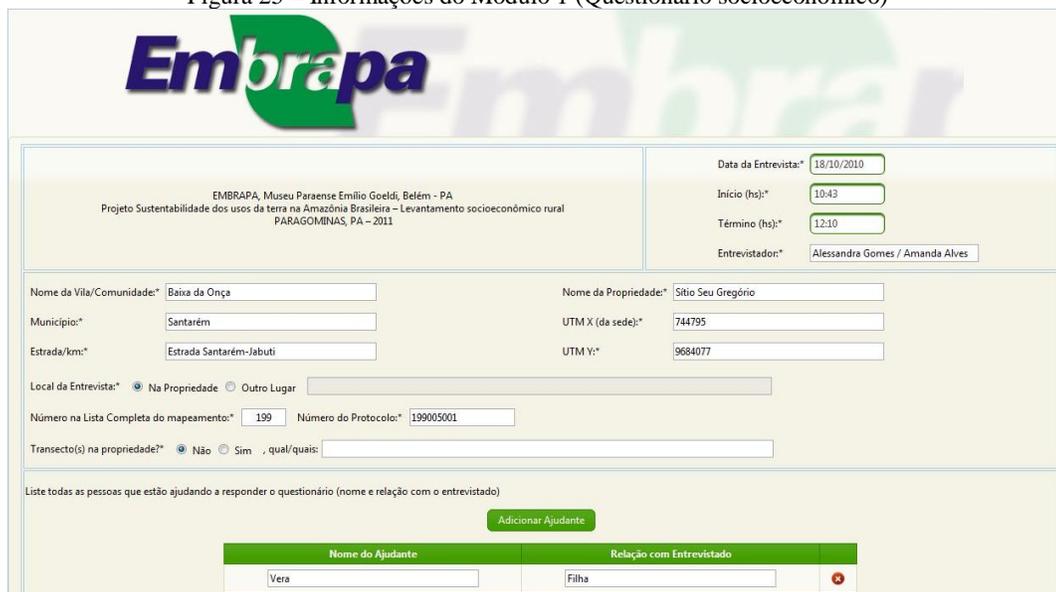
1) Informações do módulo 1 (Figura 25) do questionário socioeconômico ambiental, contendo os seguintes campos:

- a) Nome do proprietário;
- b) Nome da propriedade;
- c) Estrada/km;
- d) Coordenada da sede (UTM X/Y);

- e) Local da entrevista;
- f) Informação de transecto (base vetorial);
- g) Uso da terra;
- h) Tamanho atual da propriedade;
- i) Número do protocolo (chave primária).

Estes dados foram acessados a partir da planilha eletrônica “tb_propriedade”, que foi tabulada, revisada e sistematizada pelos participantes do Projeto RAS, incluindo o autor desta Tese. Nessa planilha, a chave primária é o “cd_propriedade” (código da propriedade), que foi associado com o “nr_protocolo”, que é a chave primária para espacialização das propriedades.

Figura 25 – Informações do Módulo 1 (Questionário socioeconômico)



EMBRAPA, Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém - PA
Projeto Sustentabilidade dos usos da terra na Amazônia Brasileira – Levantamento socioeconômico rural
PARAGOMINAS, PA – 2011

Data da Entrevista*: 18/10/2010
Início (hs)*: 10:43
Término (hs)*: 12:10
Entrevistador*: Alessandra Gomes / Amanda Alves

Nome da Vila/Comunidade*: Baixa da Onça
Município*: Santarém
Estrada/km*: Estrada Santarém-Jabutí

Nome da Propriedade*: Sítio Seu Gregório
UTM X (da sede)*: 744795
UTM Y*: 9684077

Local da Entrevista*: Na Propriedade Outro Lugar

Número na Lista Completa do mapeamento*: 199 Número do Protocolo*: 199005001

Transecto(s) na propriedade*: Não Sim , qual/quais:

Liste todas as pessoas que estão ajudando a responder o questionário (nome e relação com o entrevistado)

Adicionar Ajudante

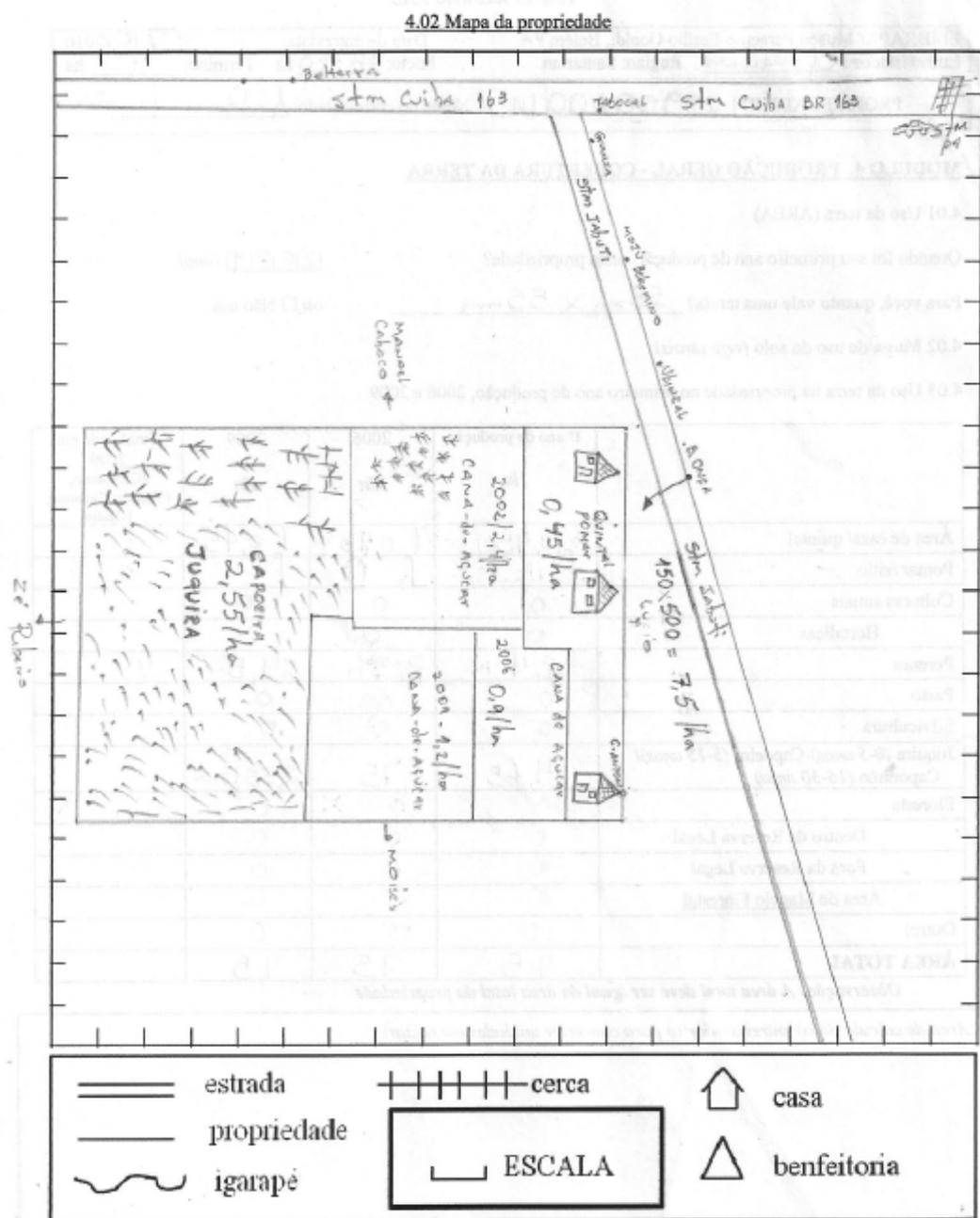
Nome do Ajudante	Relação com Entrevistado
Vera	Filha

Fonte: RAS (2012).

Os questionários mais complexos foram aqueles em que as coordenadas apresentadas foram da residência urbana do entrevistado e/ou que não apresentaram nenhuma coordenada. Nestes casos, o recurso utilizado foi o cruzamento de informações de acordo com os insumos disponíveis, como a disponibilidade de Cadastro Ambiental Rural, confrontantes do entrevistado, checagem ao questionário original digitalizado, referência de estradas e drenagens, entre outros.

- 1) Informações do módulo 4 (Figura 26) do questionário socioeconômico rural, que são: a) Croqui e dimensões da propriedade; b) Informações dos vizinhos; c) Referência de estradas e rios na localização das propriedades e adjacências.

Figura 26 – Informações do Módulo 4 (Croqui da propriedade)



Fonte: RAS (2012).

Esses dados forneceram grande suporte para a vetorização das propriedades, sendo complementares aos dados de coordenadas das sedes e dos transectos.

a) Cadastro Ambiental Rural no estado do Pará

Efetuoou-se o *download* da base vetorial georreferenciada, em formato *shapefile*, dos estabelecimentos rurais relacionados no Cadastro Ambiental Rural (CAR)¹⁸ das regiões de estudo, a partir do *site* da Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Pará (PARÁ. SEMA, 2012).

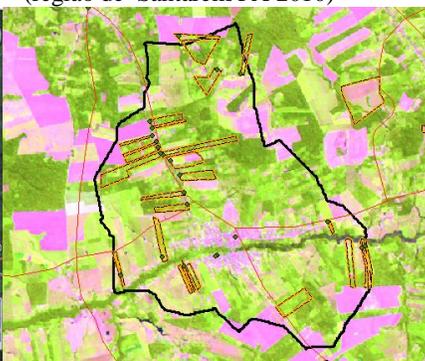
a) Insumos matriciais de média e alta resolução nas áreas de estudo

Na região de Santarém, utilizaram-se dois insumos matriciais, sendo um o catálogo de imagens disponível no *software* *Google™ Earth*, contendo imagens de elevada resolução espacial dos satélites *GeoEye* e *QuickBird* com anos de passagem entre 2009 e 2011, recobrando grande parte da área entrevistada, facilitando a identificação de propriedades menores. O complemento da delimitação das propriedades nessa região também utilizou imagens satelitais de média resolução espacial do LANDSAT 227/062, anos de aquisição 2009 e 2010. As figuras 27 e 28 exemplificam o catálogo *Google™ Earth* e parte da cena LANDSAT 227/062, respectivamente.

Figura 27 – Plotagem dos dados no Google Earth



Figura 28 – Plotagem dos dados no ArcGIS 9.3.1 (região de Santarém/PA 2010)



Fonte: RAS (2012).

Na região de Paragominas, o mosaico de imagens *RapidEye*¹⁹ 2011, disponibilizado pelo Projeto RAS, foi suficiente para suprir a necessidade de insumos matriciais do trabalho

¹⁸Consiste em sistema eletrônico de identificação georreferenciada da propriedade rural ou posse rural, contendo a delimitação das áreas de preservação permanente, da reserva legal e remanescentes de vegetação nativa localizadas no interior do imóvel, para fins de controle e monitoramento (PARÁ.SEMA, 2013).

¹⁹ Lançado em agosto de 2008, o RapidEye possui uma constelação de 5 satélites capazes de adquirir imagens coloridas com resolução espacial de 5 m, operando nas bandas do vermelho, azul, verde, infravermelho próximo e vermelho limítrofe (GLOBALGEO, 2011).

de delimitação dos estabelecimentos rurais. A Figura 29 exemplifica essa imagem de alta resolução.

Figura 29 – Plotagem dos dados no ArcGIS 9.3.1 (região de Paragominas/PA 2011)



Fonte: RAS (2012).

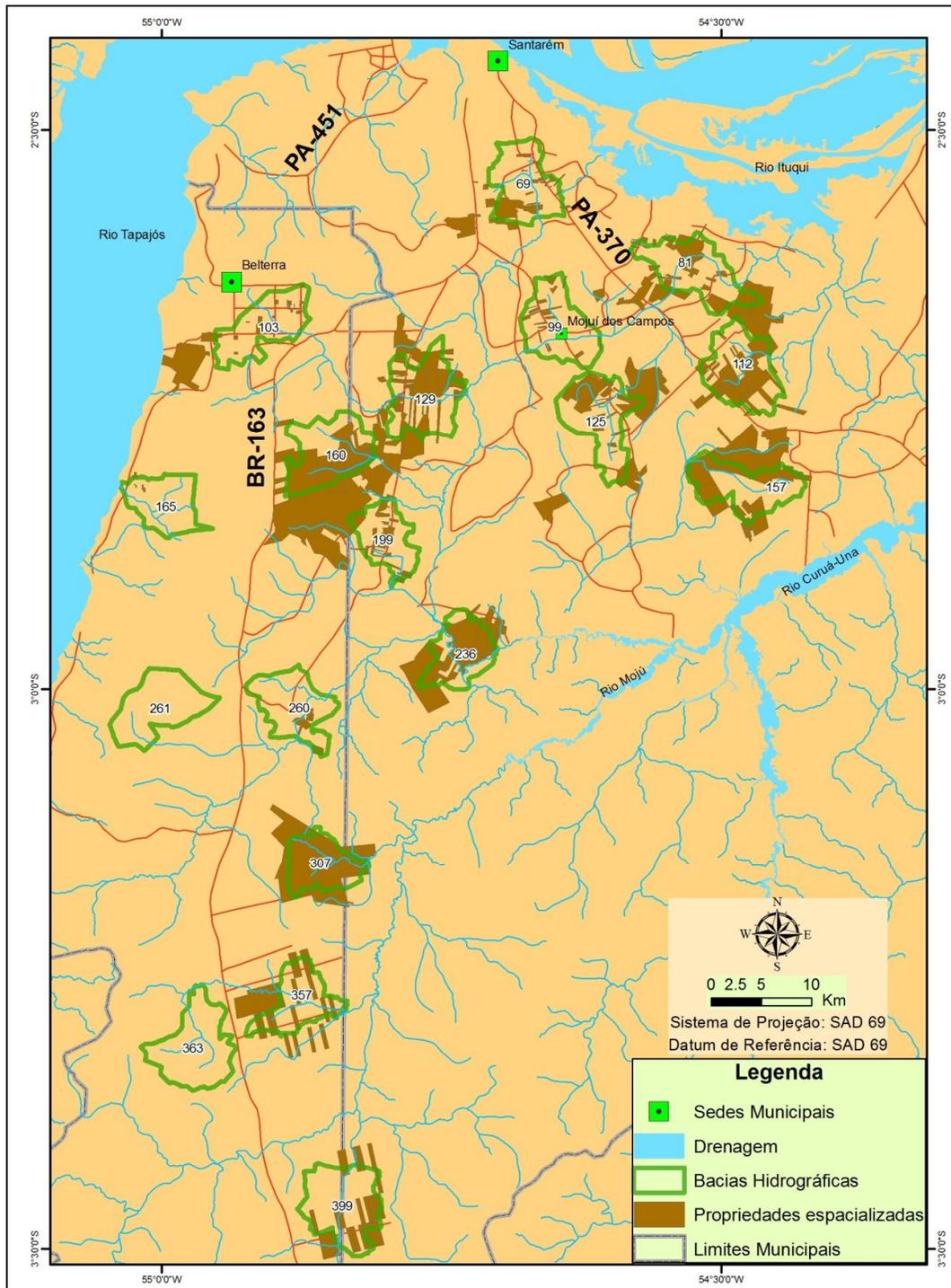
a) Outros dados importantes

Informações das bases oficiais nas escalas 1:100.000 e 1:250.000 foram utilizadas neste trabalho, tais como: localização das vilas e comunidades, estradas oficiais, estradas não-oficiais e drenagem.

Utilizaram-se também as informações de autorização do roçado dos anos 2008 e 2009 para os entrevistados da mb 165, que residem na comunidade de Jamaraquá, na Floresta Nacional do Tapajós, visando estimar a localização dos seus lotes, baseado na área declarada de utilização da terra (módulo 1 do questionário).

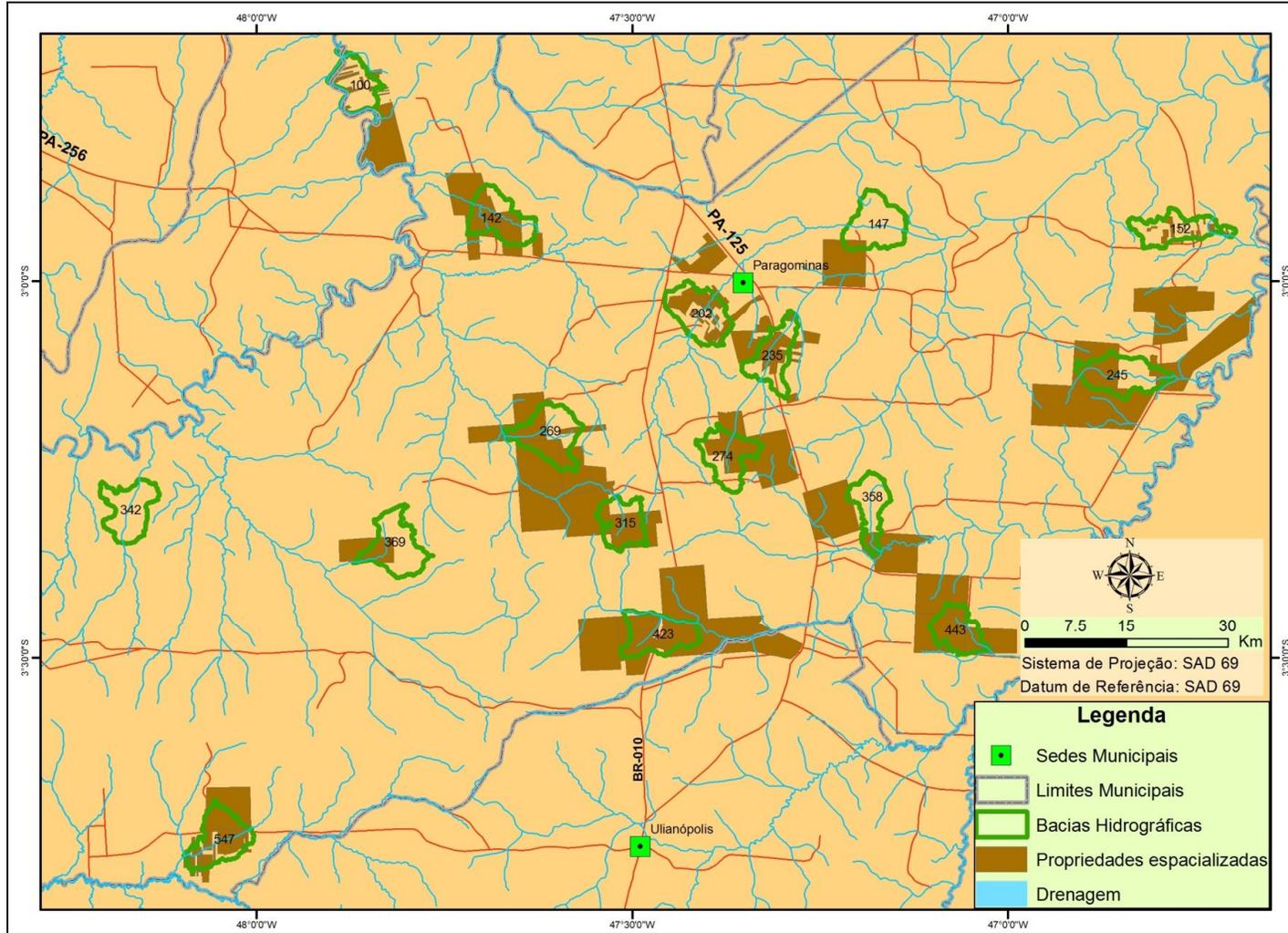
Os Mapas 8 e 9 ilustram os polígonos que correspondem ao resultado do trabalho de espacialização geográfica dos estabelecimentos entrevistados, sendo que a primeira ilustra a região de Santarém e a segunda a de Paragominas.

Mapa 8 – Espacialização das propriedades entrevistadas na região de Santarém/PA



Fonte: Processamentos do próprio autor.

Mapa 9 – Espacialização das propriedades entrevistadas na região de Paragominas/PA



Fonte: Processamentos do próprio autor.

A tabela 18 apresenta a proporção, em valores absolutos e porcentagem, entre as áreas das propriedades situadas dentro e fora de cada micro bacia investigada.

Tabela 18 – Relação área das propriedades dentro e fora das bacias

MicroBacia	Região	Área_Total (ha)	Área_Dentro MB (ha)	%_Área_Dentro MB	Área_Fora MB	%_Área_Fora MB
069	Santarém	1.191,76	764,68	64.16%	427,08	35.84%
081	Santarém	3.694,29	1.547,23	41.88%	2.147,06	58.12%
099	Santarém	607,99	389,96	64.14%	218,03	35.86%
103	Santarém	1.894,35	246,14	12.99%	1.648,21	87.01%
112	Santarém	3.336,76	2.403,07	72.02%	933,69	27.98%
125	Santarém	4.000,01	1.633,09	40.83%	2.366,92	59.17%
129	Santarém	4.263,21	2.358,04	55.31%	1.905,17	44.69%
157	Santarém	8.168,72	2.133,77	26.12%	6.034,95	73.88%
160	Santarém	9.672,07	3.105,10	32.10%	6.566,97	67.90%
165	Santarém	35,10	20,57	58.60%	14,53	41.40%
199	Santarém	705,38	619,02	87.76%	86,36	12.24%
236	Santarém	4.253,06	2.355,23	55.38%	1.897,83	44.62%
260	Santarém	298,34	272,48	91.33%	25,86	8.67%
261	Santarém	-	-	-	-	-
307	Santarém	5.593,11	3.221,09	57.59%	2.372,02	42.41%
357	Santarém	2.809,57	1.037,38	36.92%	1.772,19	63.08%
363	Santarém	-	-	-	-	-
399	Santarém	1.894,35	1.324,06	69.90%	570,29	30.10%
044	Paragominas	1.274,99	1.041,36	81.68%	233,63	18.32%
100	Paragominas	5.312,84	850,30	16.00%	4.462,54	84.00%
142	Paragominas	7.055,63	3.653,71	51.78%	3.401,92	48.22%
147	Paragominas	4.317,73	396,27	9.18%	3.921,46	90.82%
152	Paragominas	959,82	817,83	85.21%	141,99	14.79%
202	Paragominas	6.334,38	3.029,23	47.82%	3.305,15	52.18%
235	Paragominas	7.471,37	2.393,86	32.04%	5.077,51	67.96%
245	Paragominas	27.094,07	3.247,15	11.98%	23.846,92	88.02%
269	Paragominas	13.162,42	3.970,72	30.17%	9.191,7	69.83%
274	Paragominas	7.153,58	2.591,95	36.23%	4.561,63	63.77%
315	Paragominas	12.366,55	2.905,44	23.49%	9.461,11	76.51%
342	Paragominas	-	-	-	-	-
358	Paragominas	2.763,81	689,13	24.93%	2.074,68	75.07%
369	Paragominas	29.063,71	1.413,03	4.86%	27.650,68	95.14%
423	Paragominas	24.558,68	5.475,08	22,29%	19.083,60	77,71%
443	Paragominas	16.134,45	3.777,58	23.41%	12.356,87	76.59%
547	Paragominas	7.386,22	4.268,09	57.78%	3.118,13	42.22%
549	Paragominas	-	-	-	-	-

Fonte: Processamentos do próprio autor.

Findo o trabalho de espacialização das propriedades entrevistadas, demonstrou-se que muitos estabelecimentos rurais extrapolaram os limites das micro bacias.

6.3 Estrutura do questionário socio econômico ambiental consolidado e adaptação do banco de dados para qualificação das trajetórias

A estrutura original do banco de dados sistematizado referente às entrevistas gerou 124 planilhas eletrônicas e 17 módulos. Os módulos, seus números de planilhas e resumo dos principais dados coletados são listados no quadro 4.

Quadro 4 – Detalhamento dos módulos das entrevistas

N	Módulo do banco de dados analógico	Número de planilhas eletrônicas	Informações coletadas
1	proprietário	5	informações do proprietário e da propriedade, arrendamentos, assistência técnica e outras áreas de produção
2	propriedade	11	
3	domicílio	27	entrevistado e ajudante, demografia, migração, renda, financiamento, tipo de acesso a transporte, educação e saúde, coleta e venda de não madeireiros
4	entrevista	3	
5	silvicultura	12	espécies plantadas, custos, insumos, prejuízos, maquinários e equipamentos
6	cultura	11	
7	crédito	3	acesso, valor e modalidade de crédito quando utilizada, juros e restos a pagar
8	mão-de-obra	5	empreita, permanente e temporária
9	perspectiva mudança da terra	3	interesse em mudanças na forma de produção e justificativas
10	florestas-capoeira	6	produção de carvão e outros usos florestais das espécies madeireiras
11	apicultura	8	estrutura para criação, espécies manejadas, compra e venda, custos, insumos, produção e perdas
12	avicultura	8	
13	animais	5	
14	manejo de uso do fogo	6	caracterização de incêndios registrados e formas de utilização ou não do fogo
15	manejo do gado	4	início da criação, produção de matrizes, bezerros, leite, manteiga e queijo
16	manejo florestal	5	investimento na implantação, área e espécies exploradas
17	transecto	2	tipo de uso na unidade amostral
Total geral		124	

Fonte: Processamentos do próprio autor.

A utilização dessas informações consistiu na adaptação da estrutura do banco de dados socioeconômico, agregando-o em 4 categorias: produção, custos de produção, força de trabalho e remuneração externa. O registro “cd_propriedade” (código da propriedade) foi definido como a chave primária.

A categoria “produção” englobou as seguintes atividades: apicultura, animais (pequeno, médio e grande portes), avicultura, colheita florestal, cultura produzida

(anuais e temporárias), produtos florestais não madeireiros, pecuária (leiteira e corte) e uso de madeira, que foram reunidos em 9 grupos: culturas permanente e temporária, extrativismos madeireiro e não madeireiro, horticultura e pecuárias leiteira, pequena, média e de grandes animais. Coletaram-se dados referentes à quantidade produzida, valor e renda bruta para o primeiro ano da produção, 2006 e 2009; tipos de unidades de produção e venda em seus variados formatos (cabeça, bico, dúzia, saca, cacho, kg, maço, pé, ramo, tonelada, unidade, L, cento, feixe, milheiro, rolo, caieira, roda, etc) representados por 28 colunas.

A tabela 19 mostra as categorias de grupos de produção e os diferentes tipos de espécies e/ou seus derivados trabalhados nas propriedades entrevistadas.

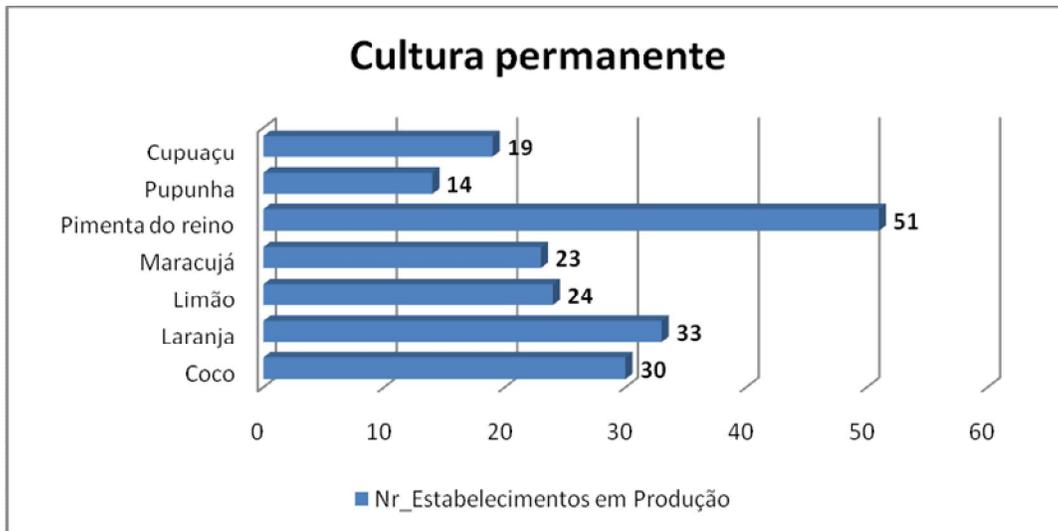
Tabela 19 – Grupos de produção, suas quantidades de espécies e/ou seus derivados e maiores números de ocorrências encontradas

Grupos de produção	Quantidade de espécies e/ou seus derivados	Maiores números de ocorrências
cultura permanente	29	pimenta do reino, laranja, limão, maracujá, coco, cupuaçu e pupunha
cultura temporária	25	milho, farinha, arroz, feijão, mandioca, macaxeira e soja
extrativismo madeireiro	40	carvão, jarana, castanheira, itaúba, jatobá, muiracatiara e tauari
extrativismo não madeireiro	17	açaí, piquiá, castanha, bacaba, uxi, palha e cumaru
horticultura	28	maxixe, quiabo, jerimum, couve, pimenta de cheiro, pimentão e alface
pecuária de leite	3	leite, manteiga e queijo
pecuária de médios animais	3	caprino, ovino e suíno
pecuária de pequenos animais	10	galinha, ovos de galinha, pato, ganso, peru, abelha e mel de abelha
pecuária de grandes animais	7	bovino, bubalino, equinos (burro, cavalo, égua, jumento e mula)

Fonte: Processamentos do próprio autor.

Os gráficos 1 e 2 indicam os 7 principais produtos dos grupos de produção (2 tipos de culturas, 2 de extrativismos, horticultura e as 4 modalidades de pecuária), e a quantidade de estabelecimentos que cultivam e/ou criam estes produtos.

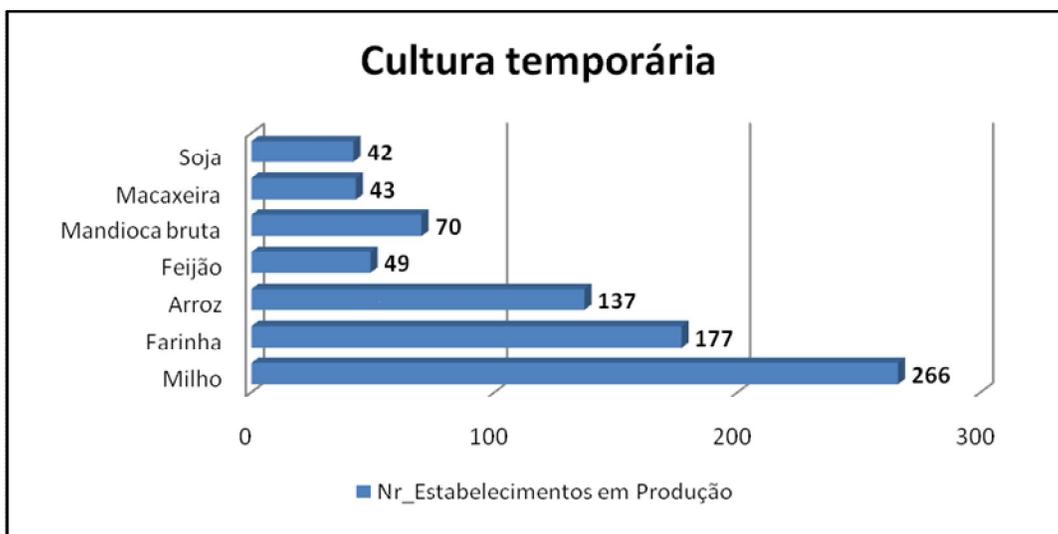
Gráfico 1 – Cultura permanente: espécies mais produzidas



Fonte: Processamentos do próprio autor.

Dentre as culturas permanentes que mais foram produzidas nas propriedades rurais entrevistadas destacaram-se a presença da pimenta do reino em 51 estabelecimentos, a laranja em 33 e coco em 30, e uma variedade de 29 diferentes tipos de culturas permanentes. Outras espécies que também apresentaram produção foram abacate, acerola, mamão, muruci, graviola, etc.

Gráfico 2 – Cultura temporária: espécies mais produzidas



Fonte: Processamentos do próprio autor.

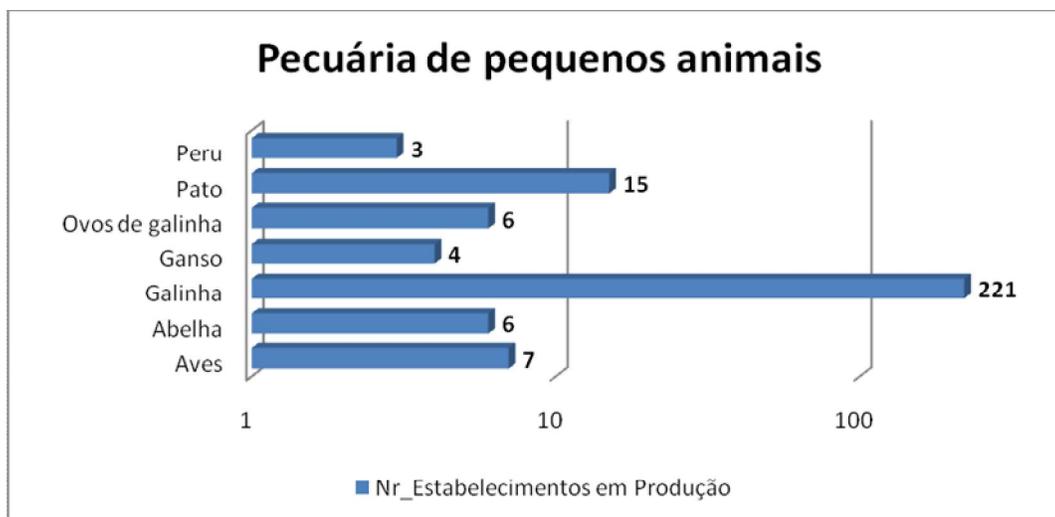
Nas culturas temporárias, milho, farinha (subproduto da mandioca) e arroz estiveram presentes em 266, 177 e 137 propriedades, respectivamente. Estas também tiveram considerável diversificação na produção com 25 produtos e/ou subprodutos, contando também com a participação de melancia, sorgo, cana de açúcar, farinha de tapioca (subproduto da mandioca), dentre outros.

Gráfico 3 – Pecuária leiteira: produção de queijo, manteiga e leite



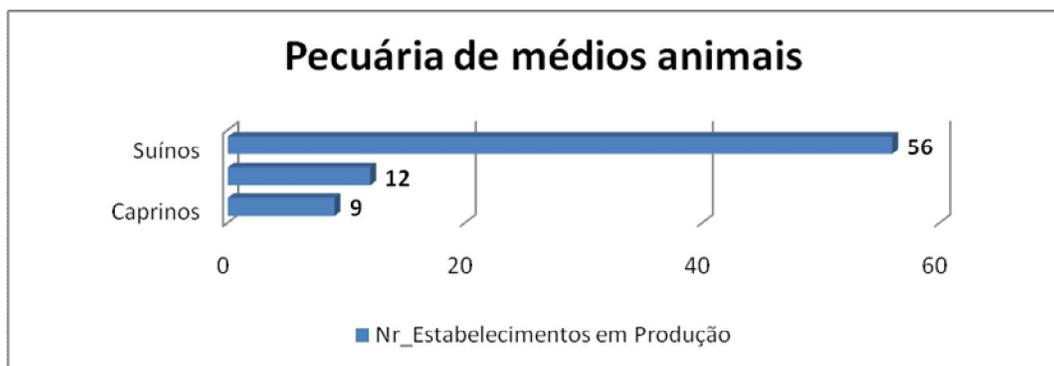
Fonte: Processamentos do próprio autor.

Gráfico 4 – Pecuária de pequenos animais: espécies mais produzidas



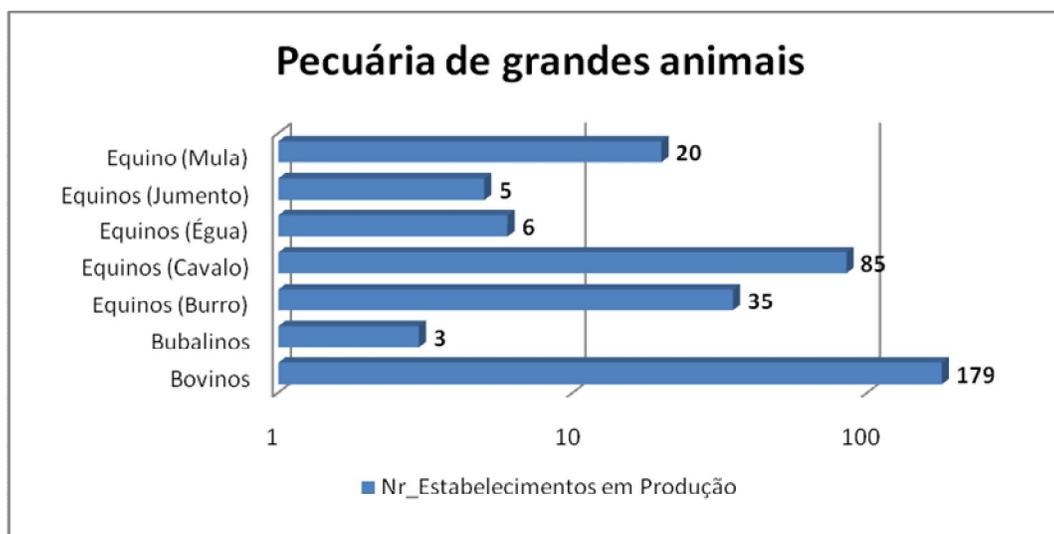
Fonte: Processamentos do próprio autor.

Gráfico 5 - Pecuária de médios animais: produção de caprinos, suínos e ovinos



Fonte: Processamentos do próprio autor.

Gráfico 6 – Pecuária de grandes animais: produção de bovinos, bubalinos e equinos



Fonte: Processamentos do próprio autor.

No âmbito da pecuária, considerando a modalidade leiteira registraram-se 63 unidades produtoras de leite, 24 de queijo e apenas 4 manteiga. Na pecuária de pequenos animais, 221 estabelecimentos declararam a produção de galinha e 15 de pato. Nos médios animais, a produção de suíno foi encontrada em 56 entrevistados, de caprino em 12 e de ovinos em 9. E finalmente, na pecuária de grandes animais, a criação de bovinos foi citada por 179 produtores e de equinos (cavallo) por 85.

Gráfico 7 – Extrativismo madeireiro: espécies florestais mais exploradas



Fonte: Processamentos do próprio autor.

A produção de carvão vegetal, pertencente ao extrativismo madeireiro, foi declarada por 125 entrevistados e a utilização de espécies florestais nesta categoria foi a mais diversa com 40 diferentes tipos de espécies exploradas, citando-se também a sucupira, maçaranduba, ipê, curupixá, virola, cedroarana e angelim.

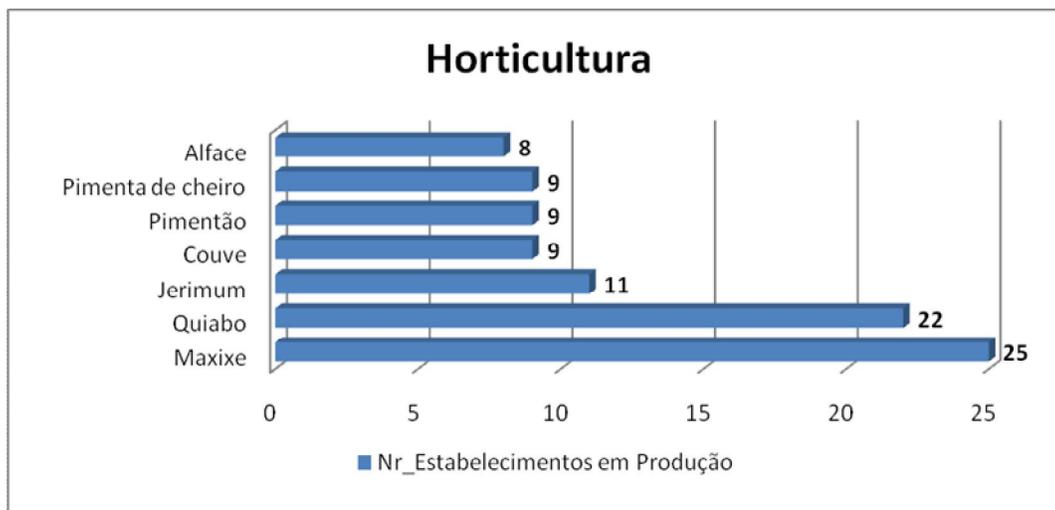
Gráfico 8 – Extrativismo não madeireiro: espécies não florestais mais exploradas



Fonte: Processamentos do próprio autor.

Os principais produtos coletados no extrativismo não madeireiro foram açai (51 propriedades), castanha (42), piquiá (41) e bacaba (37).

Gráfico 9 – Horticultura: espécies mais produzidas



Fonte: Processamentos do próprio autor.

Na horticultura, tiveram presença predominante o maxixe em 25 áreas, o quiabo em 22 e o jerimum em 11, totalizando 28 espécies distintas em produção, citando-se também o tomate, repolho, jambu, cebola, pepino, salsa, etc.

A categoria “custos de produção” abrangeu registros de gastos totais e frequência do custo (anual, diária, mensal ou total) com aluguel de maquinários e equipamentos, arrendamento de terra, aviário, bebedouro e sistema de irrigação (instalação), combustível, energia e transporte (frete), compostos e insumos agrícolas (aquisição), licenciamento, manutenção (custos em geral), mão de obra (empreita, permanente e temporária), serviços veterinários (inseminação artificial, vacinas e consultoria) e depreciação dos equipamentos próprios. Estes foram organizados em 16 colunas. A tabela 20 sintetiza os custos envolvidos nos diversos tipos de atividades desenvolvidas nas propriedades entrevistadas.

Tabela 20 – Custos envolvidos nas atividades de produção e principais ocorrências

Custos de produção	Nr. de custos	Maiores números de ocorrências
Avicultura	3	construção, manutenção e energia
culturas anuais e perenes	1	transporte, compostos agrícolas, sistema de irrigação
maquinário e benfeitoria	11	casa de farinha, plantadeira, pulverizador, colheitadeira, semeadora, celeiro e estufa
Licença	1	Licenciamento
manejo florestal	2	investimentos e arranjos do manejo florestal
manejo de	6	insumos agrícolas, inseminação artificial, serviços veterinários,

animais		instalação de bebedouros, transporte e suplemento alimentar
mão de obra	4	cooperados, empreiteiro, mão de obra temporária e permanente
produto veterinário	29	sal mineral, vermífugo, aftosa, antibiótica, brucelose, carrapaticida e mosquicida
propriedade	1	Arrendamento
equipamentos	53	plantadeira manual, pulverizador costal, motosserra, motor para ralar, grades aradora e niveladora e gerador
sementes – culturas	92	milho, arroz, soja, feijão e mandioca
sementes - pasto	15	mombaça, braquiário, braquiara, piatã e tanzânia
Silvicultura	9	insumos biológicos e químicos, plantação de mudas, viveiro (FASE DE IMPLANTAÇÃO)
suplemento alimentar	27	ração, milho, farelo de arroz, quebradinho de milho e de arroz, arroz e farelo

Fonte: Processamentos do próprio autor.

Os gráficos 10 a 12 consolidam os custos mais citados pelos entrevistados envolvendo mão de obra, propriedade e suplementos alimentar/produto veterinário, respectivamente.

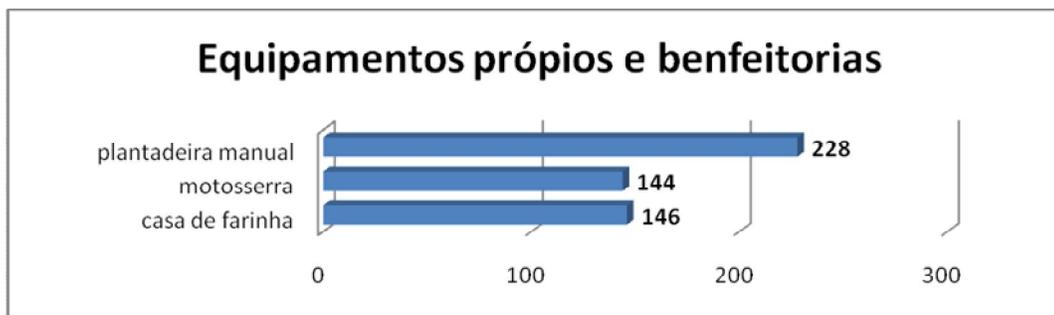
Gráfico 10 – Mão de obra: quantidade e tipo utilizadas pelos estabelecimentos



Fonte: Processamentos do próprio autor.

A mão de obra temporária foi declarada como utilizada por 171 dos 479 estabelecimentos entrevistados, correspondendo a 34,2% do total, a permanente teve 32,3% com 161 casos, e a contratação via modalidade de empreita foi registrada em 101 propriedades.

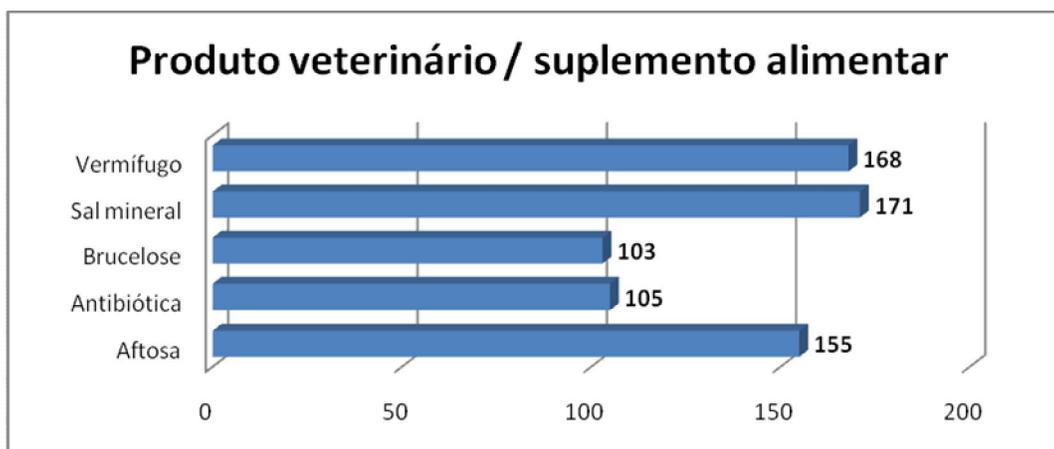
Gráfico 11 – Equipamentos próprios e benfeitorias: tipos mais utilizados pelos estabelecimentos



Fonte: Processamentos do próprio autor.

Nos custos que envolveram a aquisição de equipamentos próprios e benfeitorias, a plantadeira manual foi citada por 228 entrevistados e a construção de casas de farinha esteve presente em 146 unidades.

Gráfico 12 – Produtos veterinários e suplementos alimentares: tipos mais utilizados pelos estabelecimentos



Fonte: Processamentos do próprio autor.

O suplemento alimentar mais utilizado nos estabelecimentos foi o sal mineral com 171 registros, ressaltando que este produto está diretamente ligado aos pecuaristas, especialmente àqueles envolvidos na criação de bovinos com 179 casos na área pesquisada, ou seja, mais de 95% desses produtores utilizam o sal mineral como principal suplemento alimentar, e dentre os principais produtos veterinários, têm-se o vermífugo utilizado em 168 estabelecimentos e as vacinas contra aftosa (155 áreas), antibiótica (105) e brucelose (103).

“Força de trabalho” reuniu em 9 colunas informações do nome do morador, condição familiar(dono da propriedade e relação com o dono: cônjuge, filho/filha, irmão/irmã, genro/nora, neto/neta, entre outros), sexo (masculino ou feminino), idade (dividido em 3 categorias: 0-14, 15-59, +60 anos) e escolaridade(nunca estudou, alfabetização, ensino fundamental, médio e superior). A tabela 21 ilustra a condição familiar dos moradores em relação ao dono(a), quantificados por faixa etária.

Tabela 21 – Condição familiar dos moradores em relação ao dono(a) e seu quantitativo por faixa etária

condição familiar	faixa etária		
	0-14	15-59	>60
compadre/comadre	1	1	-
concunhado/(a)	-	1	2
filho/filha de criação	4	3	-
primo(a)	-	1	-
afilhado(a)	-	1	-
cunhado(a)	-	2	-
dono(a)	-	433	161
esposo(a)	1	425	90
filho(a)	519	443	-
genro/nora	-	33	-
irmão/irmã	1	11	3
mãe/pai	-	5	18
não relacionado	10	13	-
neto(a)	129	34	-
sobrinho(a)	11	8	-
sogro(a)	-	-	6

Fonte: Processamentos do próprio autor.

Neste sentido, em torno de 27% dos donos de propriedades possuem idade maior do que 60 anos e o restante, 73%, estão na faixa etária entre 15 e 59 anos. Esta categorização é importante para a execução da metodologia expressa no subcapítulo 2.2 para a qualificação do estabelecimento rural em “camponês”, com características mais familiares em relação à força de trabalho aplicada à produção ou “patronal” com traços mais empresariais, empregando mão de obra de terceiros superior a 50% da força total de trabalho utilizada na propriedade.

E o último agrupamento foi denominado “remuneração externa”, organizado em 13 colunas, apresentou dados de ajuda externa recebida pelo proprietário, ajuda financeira governamental (aposentadoria, bolsa família, pensão, seguro desemprego),

morador remunerado, crédito consignado, financiamento agrícola e outra fonte de renda externa à propriedade. A tabela 22 mostra os tipos de remuneração externa, quantidades e descrições de algumas destas atividades.

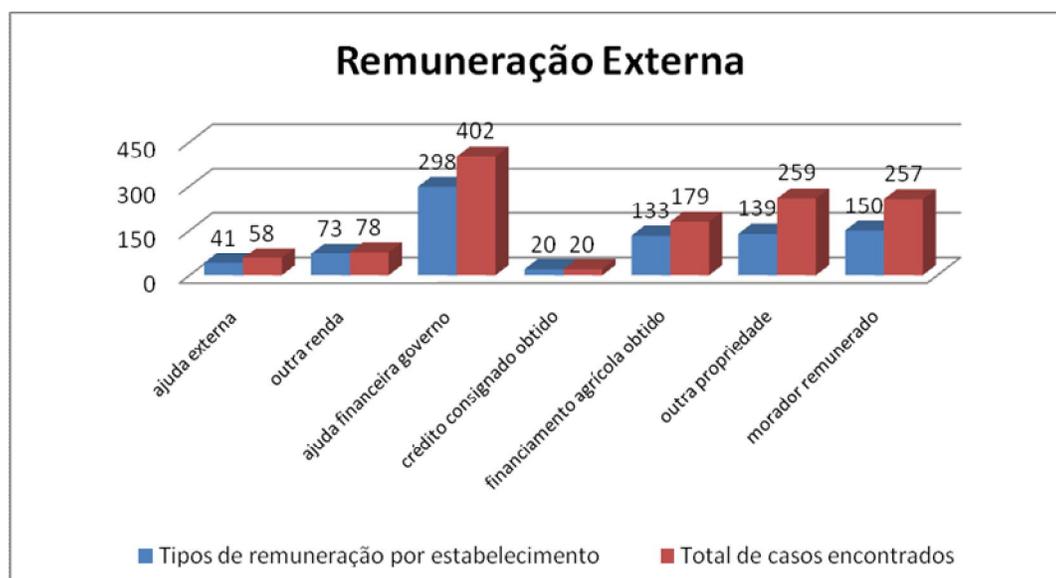
Tabela 22 – Tipos de remuneração externa descritos e suas principais ocorrências

Tipos de remuneração externa	Quantidade de ocorrências	Principais ocorrências citadas
ajuda externa	38	trabalhador autônomo, comerciante, doméstico, electricista, gerente e operador de máquina
ajuda financeira do governo	5	aposentadoria (idade e deficiência), bolsa família, pensionista e seguro-desemprego
crédito consignado obtido	13	investimento em sistemas de produção, manutenção da propriedade, compra de terra e conserto de barco
financiamento agrícola obtido	21	FNO, PRONAF, BASA, CREDPARÁ, custeio agrícola, agricultura familiar e crédito pessoal
morador remunerado	122	tratorista, caseiro, serviços gerais, gerente, vaqueiro, serviços gerais e guia turístico
outra propriedade	219	outras propriedades em produção
outra renda	61	comércio, açougue, restaurante, serraria, aluguel de pasto, exploração de seringa, e pesca

Fonte: Processamentos do próprio autor.

O Gráfico 13 ilustra os diferentes tipos de remuneração externa considerando duas situações, a primeira mostra os casos presentes por estabelecimento apenas e a segunda o quantitativo total, que agrega a soma cumulativa das modalidades de remuneração declaradas nas entrevistas.

Gráfico 13 – Modalidades de remuneração externa nos estabelecimentos entrevistados



Fonte: processamentos do próprio autor.

O complemento de renda via “ajuda externa” apresentou 38 diferentes tipos de profissão em 41 estabelecimentos, totalizando 58 casos. Dentre os “moradores remunerados” encontraram-se 150 propriedades, com 257 casos. A ocupação como vaqueiro foi declarada em 27 situações, a de caseiro veio em seguida com 19 e a de gerente que mora na propriedade apareceu 16 vezes.

A “ajuda financeira do governo” registrou 186 beneficiários do Programa Bolsa Família do Governo Federal, 171 aposentados por idade e 12 em função de algum tipo de deficiência, estando em 298 das 479 propriedades entrevistadas, representando 62,2% do total.

O “crédito consignado” foi acessado por 20 propriedades, e sua utilização se deu para os mais distintos fins, como investir na propriedade, conserto de embarcação, plantio, reformas em geral, investimento na produção agrícola, dentre outros. Já o “financiamento agrícola” foi outro meio de obtenção de crédito acessado por 133 estabelecimentos, que foram adquiridos a partir de agentes e programas financiadores como o Banco da Amazônia (BASA), Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), CREDPARÁ (Programa de microcrédito), crédito pessoal, Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), etc.

Das 479 propriedades entrevistadas, 73 declararam possuir “outra fonte de renda” além daquela gerada pelas atividades produtivas do próprio estabelecimento, com destaque para a atividade de comércio que apareceu em 14 estabelecimentos. 139 entrevistados informaram possuir uma “outra propriedade” e destes, 49 possuíam pelo menos mais 2 propriedades, registrando que o total de outras propriedades declaradas pelos entrevistados foi de 259.

Em seguida, as categorias “produção”, “custos”, “remuneração externa” e “força de trabalho” foram unificadas em uma única base de dados, com agrupamento e inserção de novas variáveis aos dados pré-existentes. Os campos “cd_propriedade” (código da propriedade) e o “nr_protocolo” (número do protocolo) foram definidos como chaves primárias, e a inserção desta segunda chave possibilitou o relacionamento com os polígonos especializados dos estabelecimentos.

Entre as informações incorporadas ao banco de dados único citam-se: custeio conjunto da propriedade (CCP), custeio de mão de obra (CMO), custeio de combustíveis (CC), custeio de arrendamento (CA), investimento conjunto da propriedade (ICP), investimento com aquisição de equipamentos próprios (IEP),

investimento total (I_t), valor bruto da produção total (VBP_t), valor bruto da produção de culturas permanentes (VBP_{perm}), valor bruto da produção de culturas temporárias (VBP_{temp}), valor bruto da produção de pecuária de grandes animais (VBP_{pc}), valor bruto da produção de pecuária de médios animais (VBP_{pm}), valor bruto da produção de pecuária de pequenos animais (VBP_{pp}), valor bruto da produção de pecuária leiteira (VBP_{pl}), valor bruto da produção de extrativismo florestal madeireiro (VBP_{fm}), valor bruto da produção de extrativismo florestal não madeireiro (VBP_{fmm}), valor bruto da produção de horticultura (VBP_h), renda líquida (RL), custo total (C_t), custeio total (CU_t), depreciação total (Dep_t), renda líquida total (RL_t), remuneração total (REM_t), número de trabalhadores assalariados equivalente (Nr_Teq), força de trabalho de terceiros (FTT), mão-de-obra temporária (MO_{temp}), mão-de-obra permanente (MO_{perm}), mão-de-obra empreiteiros (MO_{emp}), trabalho familiar total ($Tfam_t$), homem trabalhador familiar equivalente ($HTfam_{eq}$), mulher trabalhadora familiar equivalente ($MTfam_{eq}$), força de trabalho familiar ($FTfam$), força de trabalho total (FT_t), remuneração ajuda externa (RE_{ae}), remuneração externa transferência governamental (RE_{tg}), remuneração externa morador remunerado (RE_{mr}), remuneração externa outra propriedade (RE_{op}), remuneração externa outra renda (RE_{or}), crédito total ($Cred_t$), crédito agrícola ($Cred_a$) e crédito não agrícola ($Cred_{na}$). As equações para determinação das variáveis citadas acima que foram incorporadas ao banco de dados são listadas nos itens 6.1 até 6.15.

$$\boxed{CCP = CMO + CC + CA}$$

(Eq. 6.1 - Custeio Conjunto da Propriedade)

$$\boxed{CU_t = CCP + CU_{PERM.} + CU_{TEMP.} + CU_{PC.} + CU_{PM.} + CU_{PP.} + CU_{PL.} + CU_{FM.} + CU_{FNM.} + CU_H}$$

(Eq. 6.2 - Custeio Total)

$$\boxed{ICP = IEP}$$

(Eq. 6.3 - Investimento Conjunto da Propriedade)

$$\boxed{I_t = ICP + I_{PERM} + I_{TEMP.} + I_{PC} + I_{PM.} + I_{PP.} + I_{PL.} + I_{FM.} + I_{FNM.} + I_H}$$

(Eq.6.4 - Investimento Total)

$$\frac{VBP_t}{VBP_{FNM} + VBP_H} = \frac{VBP_{PERM} + VBP_{TEMP} + VBP_{PC} + VBP_{PM} + VBP_{PP} + VBP_{PL} + VBP_{FM} + VBP_{FNM} + VBP_H}{VBP_{FNM} + VBP_H}$$

(Eq. 6.5 - Valor Bruto da Produção)

$$Cred_t = Cred_a + Cred_{na}$$

(Eq. 6.6 - Crédito Total)

$$REM_t = RE_{ae} + RE_{tg} + RE_{mr} + RE_{or}$$

(Eq. 6.7 - Remuneração Total)

$$RL = VBP_t - C_t$$

(Eq. 6.8 - Renda Líquida)

$$C_t = CU_t + Dep_t$$

(Eq. 6.9 - Custo Total)

$$Dep_t = 0.1 * (I_t)$$

(Eq. 6.10 - Depreciação Total)

$$RL_t = REM_t + RL_{ano}$$

(Eq. 6.11 - Renda Líquida Total)

$$Nr_Teq = FTT = MO_{temp} + MO_{perm} + MO_{emp}$$

(Eq. 6.12 - Número de Trabalhadores Assalariados Equivalente)

$$Tfam_t = HTfam_{eq} + MTfam_{eq}$$

(Eq. 6.13 - Trabalho Familiar Total)

$$FT_t = Tfam_t + Nr_Teq$$

(Eq. 6.14 - Força de Trabalho Total)

$$FTfam = (Tfam_t) / (FT_t)$$

(Eq. 6.15 - Força de Trabalho Familiar Total)

A tabela 23 apresenta percentualmente nas regiões de Santarém e Paragominas a distribuição do número de propriedades, valor bruto total da produção 2009 e área total, discriminando ainda entre camponeses e patronais, as quais consideramos como o primeiro resultado decorrente da aplicação da metodologia desenvolvida por Costa nesta Tese.

Tabelas 23 – Estatísticas por microrregião referente a número de propriedades, valor bruto da produção e área total (valores absolutos e porcentagem)

Microrregião	Camponeses			Patronais			Total (Camponeses + Patronais)		
	Número (Nr.) propriedades (prop.)	Área Total (km ²)	VBP Total 2009 (R\$)	Nr. prop.	Área total (km ²)	VBP Total 2009 (R\$)	Nr. prop.	Área total (km ²)	VBP Total 2009 (R\$)
Paragominas	100	78,27	3.880.743	55	1403,50	67.003.246	155	1481,75	70.883.989
Santarém	283	176,63	13.069.147	42	322,71	23.191.928	324	499,34	36.261.075
Total geral	383	254,90	16.949.890	97	1726,2	90.195.174	479	1981,10	107.145.064
Microrregião	Camponeses			Patronais			Total (Camponeses + Patronais)		
	Nr. prop. (%)	Área total (%)	VBP Total 2009 (%)	Nr. prop. (%)	Área total (%)	VBP Total 2009 (%)	Nr. prop. (%)	Área total (%)	VBP Total 2009 (%)
Paragominas	20,88%	3,95%	3,62%	11,48%	70,84%	62,54%	32,36%	74,79%	66,16%
Santarém	59,08%	8,92%	12,20%	8,56%	16,29%	21,65%	67,64%	25,21%	33,84%
Total geral	79,96%	12,87%	15,82%	20,04%	87,13%	84,18%	100,00%	100,00%	100,00%

Fonte: Processamentos do próprio autor.

Na microrregião de Paragominas, em média, a cada 3 propriedades entrevistadas, 1 era patronal e 2 camponesas. A consolidação dos dados mostrou uma grande diferença entre as 2 categorias, visto que o Valor Bruto da Produção 2009 e a área total dos patronais é mais de dezessete superior aos camponeses. Em Santarém, a predominância de propriedades camponesas é bastante relevante, onde a cada 8 propriedades entrevistadas, 7 são camponesas e apenas 1 é patronal. Considerando a totalidade das entrevistas na região, o VBP das propriedades patronais é 75% superior aos camponeses, enquanto que a área total ocupada pelos primeiros é 82% maior que os últimos.

Comparativamente nas 2 regiões, as propriedades camponesas apresentam área média 25% superior em Paragominas com 78,27 hectares, enquanto que em Santarém registrou-se 62,47 ha. Entretanto, o Valor Bruto da Produção 2009 médio das propriedades entrevistadas em Santarém foi de R\$ 46.180,73 e em Paragominas foi de quase 20% menor, com R\$ 38.807,43.

Nas patronais, a região de Paragominas mostrou sua pujança com médias de 2.551,79 ha de área e R\$ 1.218.240,84 de VBP 2009, e Santarém teve 768,36 ha e VBP 2009 de R\$ 552.188,76 nas 42 propriedades entrevistadas.

A tabela 24 retrata os valores médios para área e valores brutos da produção 2009 das regiões de Paragominas e Santarém, referente aos camponeses e patronais.

Tabela 24 – Valores médios de área e VBP 2009 das propriedades entrevistadas em Paragominas e Santarém/PA

Modo de Produção	Área média (ha)	VBP 2009 médio (R\$)
Camponês - PRG	78,27	38.807,43
Camponês - STM	62,41	46.180,73
Camponês - PRG + STM	66,55	44.255,59
Patronal – PRG	2.551,79	1.218.240,84
Patronal – STM	768,36	552.188,76
Patronal - PRG + STM	1.779,58	929.847,15
Camponês + Patronal - PRG	955,97	457.316,06
Camponês + Patronal - STM	154,12	111.916,90
Camponês + Patronal – PRG+ STM	413,59	223.684,89

Fonte: Processamentos do próprio autor.

As propriedades camponesas tiveram área média de 66,55 ha e VBP 2009 com R\$ 44.255,59, enquanto as patronais possuíram área média de 1.779,58 ha e VBP 2009 com R\$ 929.847,15.

O elevado número de propriedades camponesas encontradas em Santarém influencia fortemente nas médias de área total e VBP 2009 da área de estudo. E, considerando a totalidade das entrevistas, a média por propriedade foi de 413,59 ha de área e R\$ 223.684,89 para o VBP 2009.

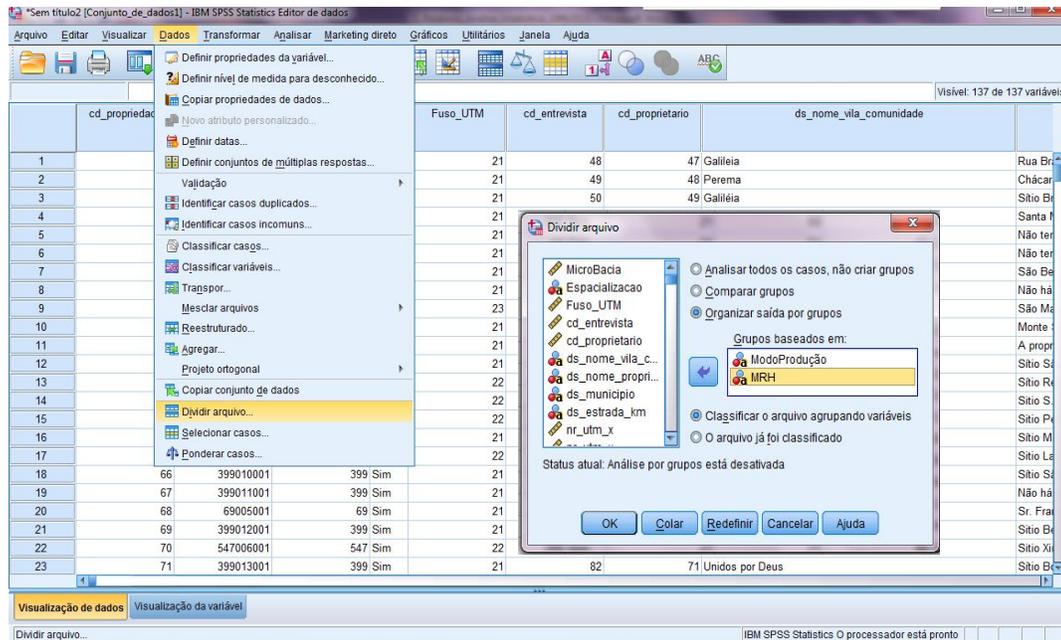
6.3.1 Estatística no SPSS

O BD único foi estruturado de modo a ser possível aplicar a metodologia desenvolvida por Costa (2012) para revelação das trajetórias tecnológicas e, com isso, este arquivo foi importado para o ambiente do programa IBM SPSS *Statistics*²⁰.

Após a ingestão da planilha no programa, configurou-se o modo de saída do resultado da análise por “modo de produção”, isto é, patronal e camponês e por “MRH – microrregião”, no caso Paragominas e Santarém/PA. A Figura 30 abaixo ilustra esse procedimento.

²⁰ É um software que possui uma integrada gama de produtos e módulos que aborda todo o processo de análise, desde o planejamento até a coleta de dados para análise, elaboração e implantação, possibilitando a escolha de recursos especializados de otimização de resultados, condução de pesquisas e tomada de decisões (adaptado de IBM, 2013).

Figura 30 – SPSS: Ordenamento dos casos por filtro



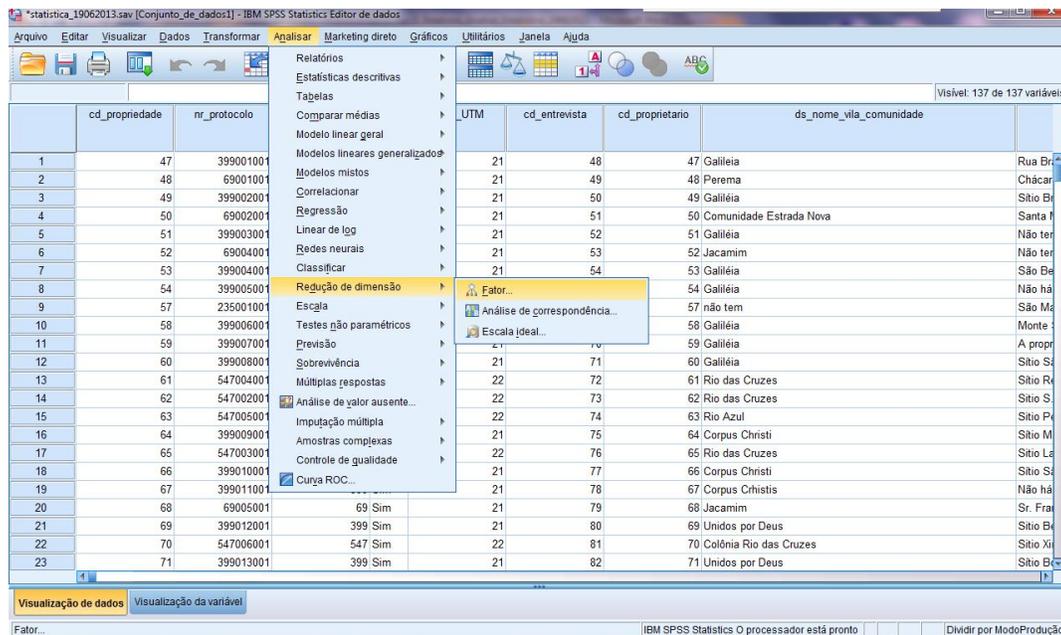
Fonte: Processamentos do próprio autor.

Após a configuração de filtro da análise por “modo de produção” e “MRH” aplicaram-se estatísticas de regressão linear múltipla para cálculo dos coeficientes beta padronizados do valor bruto da produção, renda líquida e investimento-fonte. No caso do primeiro e do terceiro coeficientes betas, a variável dependente é o valor bruto da produção 2009, enquanto que no segundo, a variável dependente é a renda líquida 2009. Em relação às variáveis independentes nos três tipos de coeficientes, estes são os valores brutos da produção 2009 das 9 atividades: culturas temporárias e permanentes, extrativismos madeireiro e não madeireiro, horticultura, pecuária leiteira e de corte (grandes animais), pecuária de pequenos e médios animais. O único diferencial é o caso do coeficiente beta padronizado chamado investimento-fonte, em que o crédito total 2009 é acrescido como variável independente.

Além das 9 atividades citadas anteriormente, Costa (2012) utilizou em seus cálculos a silvicultura, porém esta atividade apesar de presente em alguns estabelecimentos ainda encontrava-se em estágio de implantação, ou seja, sem ter efetivamente iniciado a produção.

A extração das cargas fatoriais no IBM SPSS® utilizou a redução de dimensões pela análise fatorial (Figura 31).

Figura 31 – Interface de aplicação de análise fatorial



Fonte: Processamentos do próprio autor.

O cálculo foi condicionado a 25 interações e a um número máximo de 5 fatores por análise, em que cada fator indicou uma interação entre grupos de produtos que pode revelar uma trajetória; a relevância empírica do fator foi expressa na proporção da variância total que explicou. E considerando o universo amostral desta pesquisa as propriedades camponesas santarena e patronais de Paragominas e Santarém expressaram 2 tipos de cargas fatoriais, e as camponesas de Paragominas possibilitaram a extração de 3 cargas fatoriais.

Segundo Kerlinger (1980), as cargas fatoriais obtidas são, com efeito, reduções de dados muito mais complexos a tamanho manuseável para que o pesquisador possa interpretar melhor os resultados, expressando o quanto uma variável observada está carregada ou saturada de um valor.

As cargas fatoriais dos grupos de produtos nos fatores – os respectivos graus de importância e o sentido, se positiva ou negativamente, como cada grupo compõe o fator ou componente principal encontram-se nas últimas colunas das tabelas 36 e 37.

Além das cargas fatoriais, foram utilizados os resultados do processamento de redução que atribuiu a cada elemento do conjunto de dados original, pesos (*scores*), que se tornou uma variável do conjunto de dados. O fator do maior peso foi utilizado para qualificar o elemento, criando-se assim uma outra variável nova, denominada

“Combinação C de Grupos de Produtos”, cujos elementos designam os fatores dominantes. Cruzando essa nova variável com a localização geográfica dos estabelecimentos e formas de produção, utilizando o “VBT Total_2009”, possibilitou discriminar essas interações de maneira geográfica, sendo esse cruzamento apresentado nas tabelas 25 e 26 para Paragominas e Santarém, respectivamente.

Este procedimento foi aplicado apenas ao VBP dos grupos de produtos com coeficiente beta padronizado para o valor bruto da produção maior que 0,06, ou seja, socialmente relevantes. Com isso, três grupos de produtos apresentaram essas características para os modos de produção patronal e cinco nos camponeses. No caso patronal, o VBP do extrativismo madeireiro, culturas temporárias e pecuária de grandes animais se destacaram como socialmente relevantes em ambas as regiões de estudo; e no caso camponês foram o VBP da pecuária de grandes animais, culturas permanentes e temporárias (região de Santarém) e VBP da horticultura, pecuária de grandes animais, culturas temporárias e extrativismo madeireiro (Paragominas).

O cruzamento das formas de produção e seus respectivos Valores Brutos da Produção (variável descritiva) permitiram gerar informações sobre a estrutura que alicerçam as “combinações”.

Tabela 25 – Distribuição geográfica de ocorrência das combinações C de grupos de produtos observada pela distribuição percentual do VBP de Paragominas/PA.

Modos de Produção	Valores Brutos da Produção 2009 (R\$) das Combinações de Grupo de Produtos (valores em porcentagem - %)				
	Combinação dos Grupos de Produtos de Paragominas				
	Camponês_C1	Camponês_C2	Camponês_C3	Patronal_C1	Patronal_C2
Cultura Permanente	0,10%	1,21%	7,02%	2,50%	0,19%
Cultura Temporária	21,47%	82,04%	1,44%	7,78%	25,81%
Pecuária de Peq. Animais	1,18%	1,70%	3,10%	2,28%	0,00%
Pecuária de Médios Animais	0,07%	1,10%	1,17%	0,13%	0,39%
Pecuária de Grandes Animais	6,82%	11,36%	70,88%	40,12%	73,46%
Pecuária de Leite	0,00%	0,21%	7,04%	1,58%	0,07%
Extrativismo Madeireiro	69,26%	0,09%	0,01%	45,44%	0,00%
Extrativismo Não-Madeireiro	0,36%	1,74%	0,66%	0,05%	0,06%
Horticultura	0,73%	0,54%	8,68%	0,13%	0,00%
Total Geral	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Fonte: Processamentos do próprio autor, adaptado de Costa (2012).

Tabela 26 – Distribuição geográfica de ocorrência das combinações C de grupos de produtos observada pela distribuição percentual do VBP de Santarém.

Modos de Produção	Valores Brutos da Produção 2009 (R\$) das Combinações de Grupo de Produtos por Microrregião (valores em porcentagem - %)			
	Combinação dos Grupos de Produtos por Microrregião			
	Camponês_C1	Camponês_C2	Patronal_C1	Patronal_C2
Cultura Permanente	1,03%	73,76%	2,59%	0,47%
Cultura Temporária	94,45%	2,61%	87,81%	35,19%
Pecuária de Peq. Animais	0,81%	1,83%	0,03%	0,84%
Pecuária de Médios Animais	0,32%	0,58%	0,10%	0,03%
Pecuária de Grandes Animais	1,67%	18,69%	9,38%	33,19%
Pecuária de Leite	0,00%	0,26%	0,00%	0,63%
Extrativismo Madeireiro	0,75%	0,42%	0,00%	28,27%
Extrativismo Não-Madeireiro	0,13%	0,17%	0,01%	0,05%
Horticultura	0,83%	1,66%	0,07%	1,33%
Total Geral	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Fonte: Processamentos do próprio autor, adaptado de Costa (2012).

Apresentando os dados dessa combinação por estratos de área das propriedades espacializadas, obteve-se o resultado, expresso na tabela 27.

Tabela 27 – Estratos de área por combinação das formas de produção

Estratos de Área – Propriedades Entrevistadas	Categorias de Estratos de Área das Combinações de Grupos de Produtos por Microrregião									
	Combinação dos Grupos de Produtos por Microrregião									
	Camponês_C1		Camponês_C2		Camponês_C3	Patronal_C1		Patronal_C2		Total geral
	PRG	STM	PRG	STM	PRG	PRG	STM	PRG	STM	
De 1 a menos de 2 há	-	1	1	17	-	-	-	-	-	19
De 2 a menos de 3 há	-	1	3	8	-	-	-	-	-	12
De 3 a menos de 4 há	-	3	-	7	-	-	-	-	-	10
De 4 a menos de 5 há	-	4	-	10	-	-	-	-	-	14
De 5 a menos de 10 há	-	12	-	23	-	-	-	-	1	36
De 10 a menos de 20 há	1	10	4	26	-	-	-	-	1	42
De 20 a menos de 50 há	6	24	34	39	5	4	1	-	4	117
De 50 a menos de 100 há	3	19	14	22	7	3	-	-	3	71
De 100 a menos de 200 há	3	7	9	24	3	4	1	-	3	54
De 200 a menos de 500 há	1	5	3	6	-	3	2	4	3	27
De 500 a menos de 1.000 há	-	2	-	1	3	2	6	4	3	21
De 1.000 a menos de 2.500 há	-	-	-	2	-	3	5	5	2	17
> 2.500 há	-	-	-	-	-	8	1	14	2	25
Total geral	14	88	68	185	18	27	16	27	22	465

Fonte: Processamentos do próprio autor.

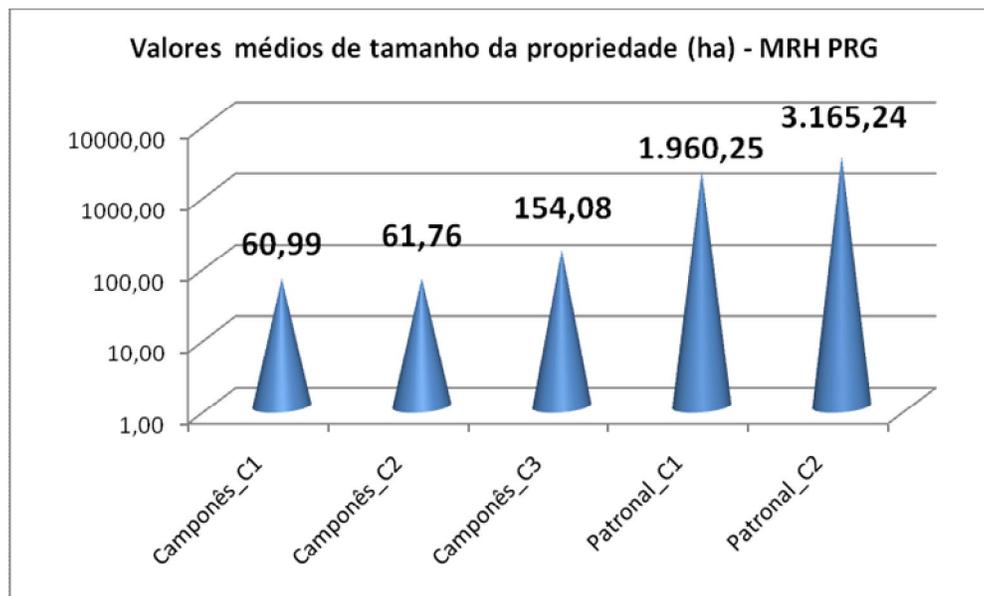
A maior concentração de estabelecimentos com até 10 ha ocorreu em Santarém, com 86 casos, enquanto que em Paragominas apenas 4 registraram tamanho inferior a este estrato de área.

Na outra extremidade, de um total de 40 propriedades rurais, situadas em estratos superiores a 1.000 hectares, 30 estavam em Paragominas (75%) e 10 em Santarém (25%).

As propriedades com tamanho variando entre 20 até 50 hectares tiveram a maior frequência com 117 casos, dos 39 na combinação C2.STM, 34 na C2.PRG e 24 na C1.STM.

O Gráfico 14 apresenta estatísticas médias de tamanho da propriedade, em hectares, para cada modalidade de combinação de Paragominas.

Gráfico 14 – Tamanho médio das propriedades entrevistadas em PRG, por combinações de grupo de produtos



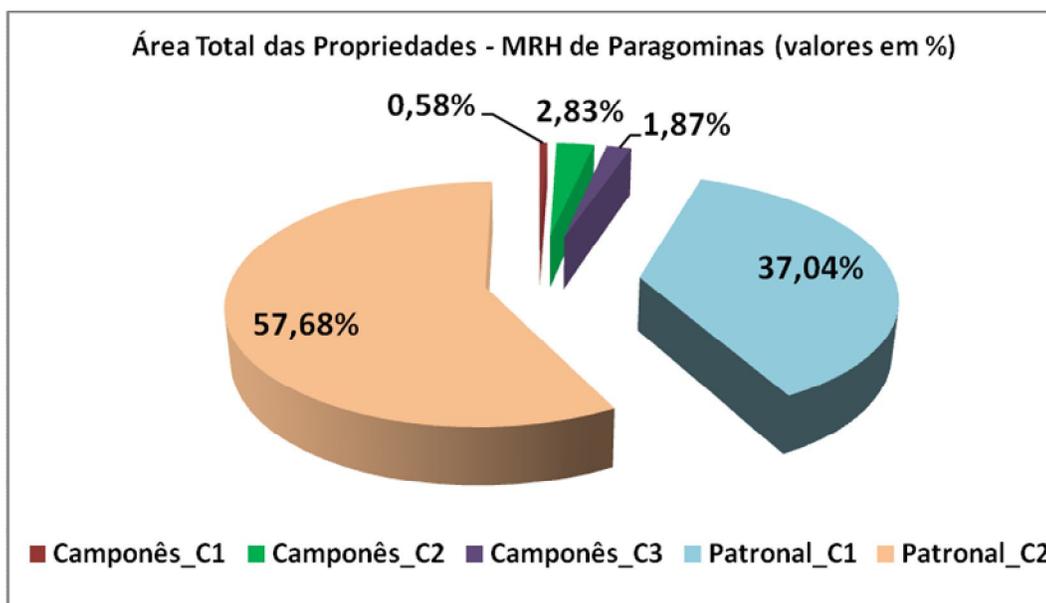
Fonte: Processamentos do próprio autor.

As combinações camponesas C1 e C2 de Paragominas que operam fortemente com culturas temporárias apresentaram as menores médias de áreas, variando de 60,99 ha até 61,76 ha. Na C2, foram encontradas as menores propriedades dessa região situadas em estratos de até 3 ha. A Camponesa C1 que, apesar de trabalhar com culturas temporárias, possui no extrativismo madeireiro sua principal fonte de renda não registrou propriedades menores do que 10 ha. A Camponesa C3 possui predominância de pecuária e maior média de área dentre todos os estabelecimentos camponeses, superior a 150 ha.

Em termos globais, considerando-se ainda a variável “área”, a proporção ocupada por cada variável é descrita no gráfico 15, considerando também a combinação de grupo de produtos.

As 2 combinações patronais responderam por quase 95% da área ocupada nessa região, enquanto que as camponesas, apesar de mais diversificadas com 3 tipos de combinações distintas, ocuparam uma porção de área bem inferior em relação aos patronais, com o máximo de 2,83% para a C2, 1,87% para a C3 e 0,58% para a C1.

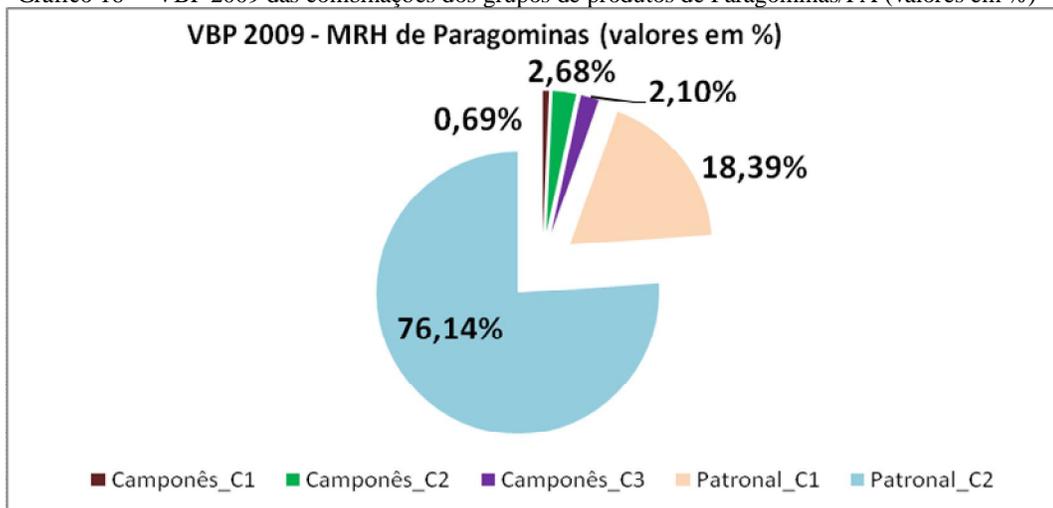
Gráfico 15 – Proporção de área total ocupada por cada combinação de grupo de produtos em PRG



Fonte: Processamentos do próprio autor.

No gráfico 16, representa-se o Valor Bruto da Produção 2009 proporcionalmente dos 5 tipos de combinações de grupos de produtos encontrados no universo amostral de Paragominas.

Gráfico 16 – VBP 2009 das combinações dos grupos de produtos de Paragominas/PA (valores em %)



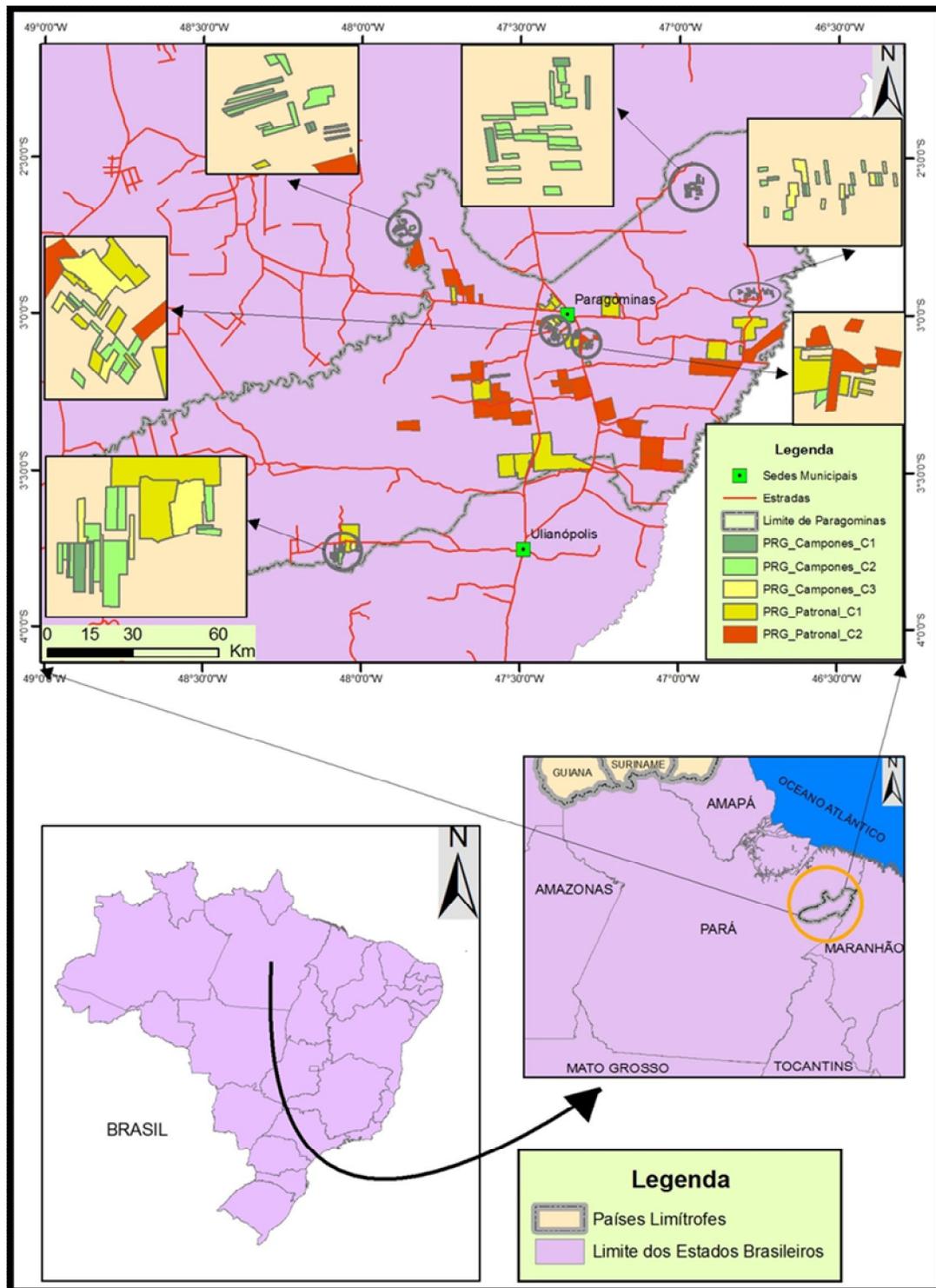
Fonte: Processamentos do próprio autor.

A Patronal C2 que também se destaca na variável “área ocupada”, em termos de VBP, possui uma dominância maior ainda com mais de 75% do total. Junto com a

Patronal C1, que tem 18,4% do VBP 2009 encontrado em Paragominas atingem 94,5% do VBP concentrado. Os outros 5,5% restantes ficam para os camponeses, com 2,7% com os C2, 2,1% com o C3 e 0,7% com o C1.

O mapa 10 ilustra a localização das propriedades rurais de Paragominas, qualificadas segundo a sua combinação de grupo de produtos.

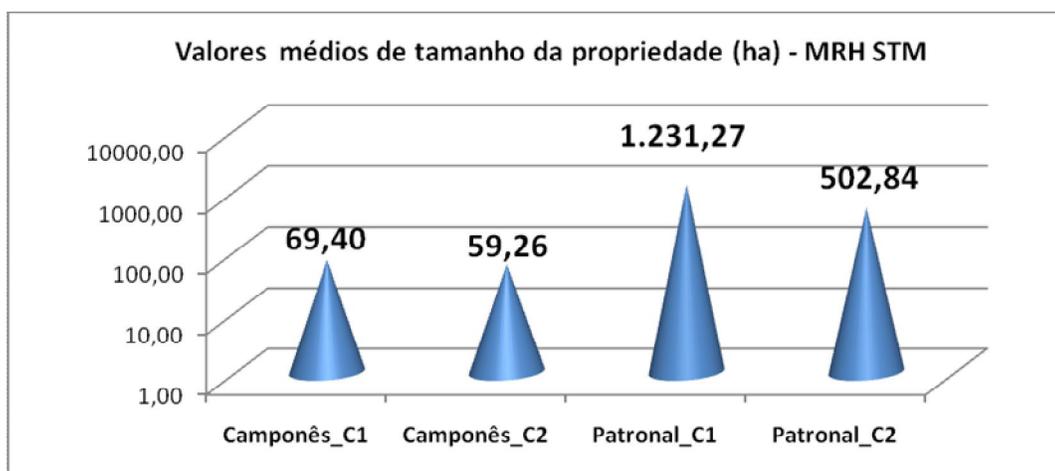
Mapa 10 - Propriedades especializadas de Paragominas/PA, segundo sua comb. de grupo de produtos



Fonte: Processamentos do próprio autor.

O gráfico 17 apresenta estatísticas médias de tamanho da propriedade, em hectares, para cada modalidade de combinação de Santarém.

Gráfico 17 - Tamanho médio das propriedades de Santarém/PA, por combinação de grupo de produtos



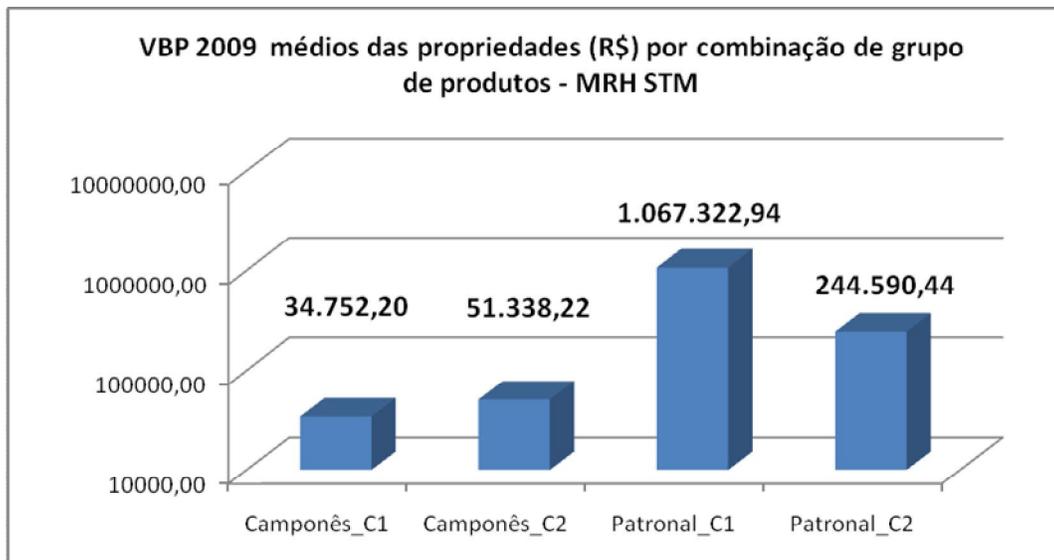
Fonte: Processamentos do próprio autor.

A combinação camponesa C2 de Santarém foi a que apresentou menor média de área com menos de 60 hectares, operando com cultura permanente e pecuária de grandes animais, com a primeira sendo a dominante. A C1 camponesa foi a mais especializada das combinações, produzindo quase 95% apenas de culturas temporárias.

As patronais C1 de Santarém, dominadas pelas temporárias, apresentaram as maiores médias de área ocupada nesta região, entretanto, ainda muito abaixo das encontradas em Paragominas. Por outro lado, as patronais C2 de Santarém apresentaram médias de áreas com pouco mais de 500 hectares e diversificaram sua produção em três áreas: extrativismo madeireiro, pecuária de grandes animais e culturas temporárias.

Em termos de Valor Bruto da Produção 2009 médio das combinações de grupos de produtos de Santarém, o Gráfico 18 registrou os valores encontrados.

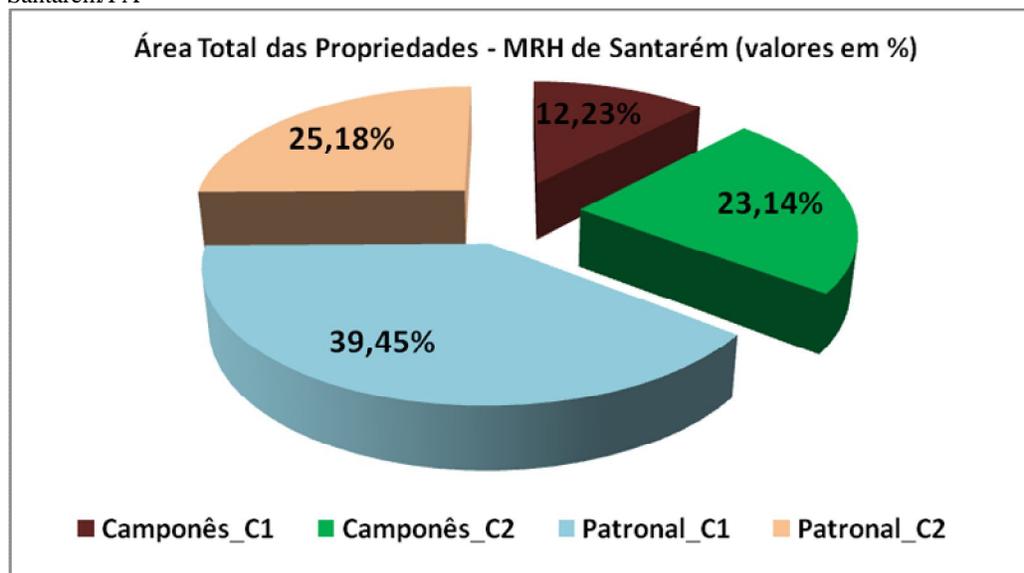
Gráfico 18 – VBP 2009 médios das combinações de grupos de produtos de Santarém/PA



Fonte: Processamentos do próprio autor.

A camponesa C1 apresentou o menor VBP 2009 médio de Santarém com R\$ 34.752,00 no universo amostral de 88 propriedades, enquanto que a C2 também camponesa veio com mais de R\$ 51.000,00 nas suas 185 propriedades. Nas patronais, a C1 ultrapassou mais de R\$ 1.050.000,00 de VBP médio nas 16 amostras e a C2 teve R\$ 244.590,44, o menor valor dentre as patronais. Globalmente, a proporção de “área” ocupada por cada variável é descrito no Gráfico 19, considerando também a combinação de grupo de produtos.

Gráfico 19 - Proporção de área total ocupada por cada combinação de grupo de produtos em Santarém/PA



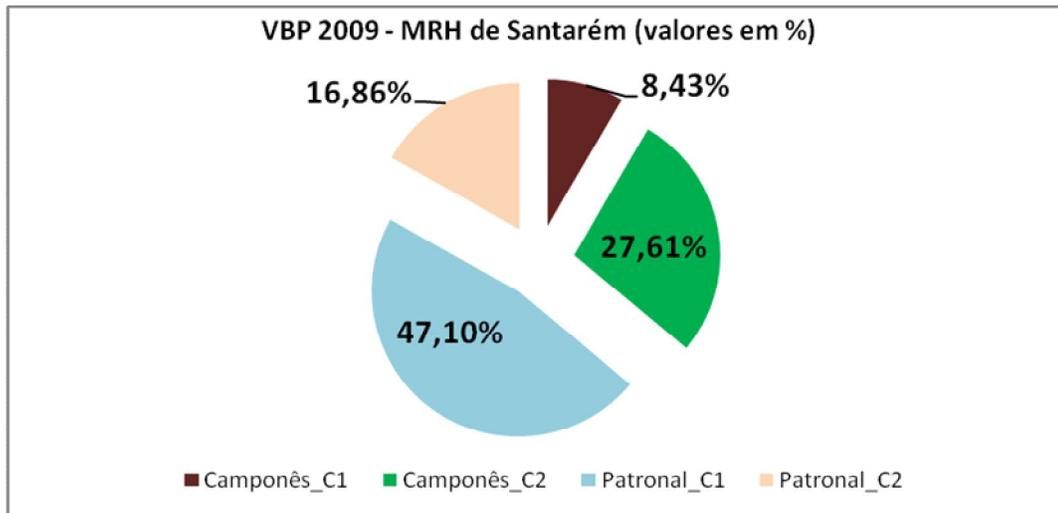
Fonte: Processamentos do próprio autor.

As patronais santarenas respondem por 64,6% da área total ocupada na região, enquanto que as camponesas possuem significativos 35,4% de ocupação.

A camponesa.C1 com 88 propriedades entrevistadas possui 12,2% e a camponesa.C2 com 185 amostras possui quase $\frac{1}{4}$ da área total nessa região.

No gráfico 20, representa-se porcentualmente o Valor Bruto da Produção 2009 dos 4 tipos de combinações de grupos de produtos encontrados no universo amostral de Santarém.

Gráfico 20 – VBP 2009 das combinações dos grupos de produtos de Santarém/PA (valores em %)

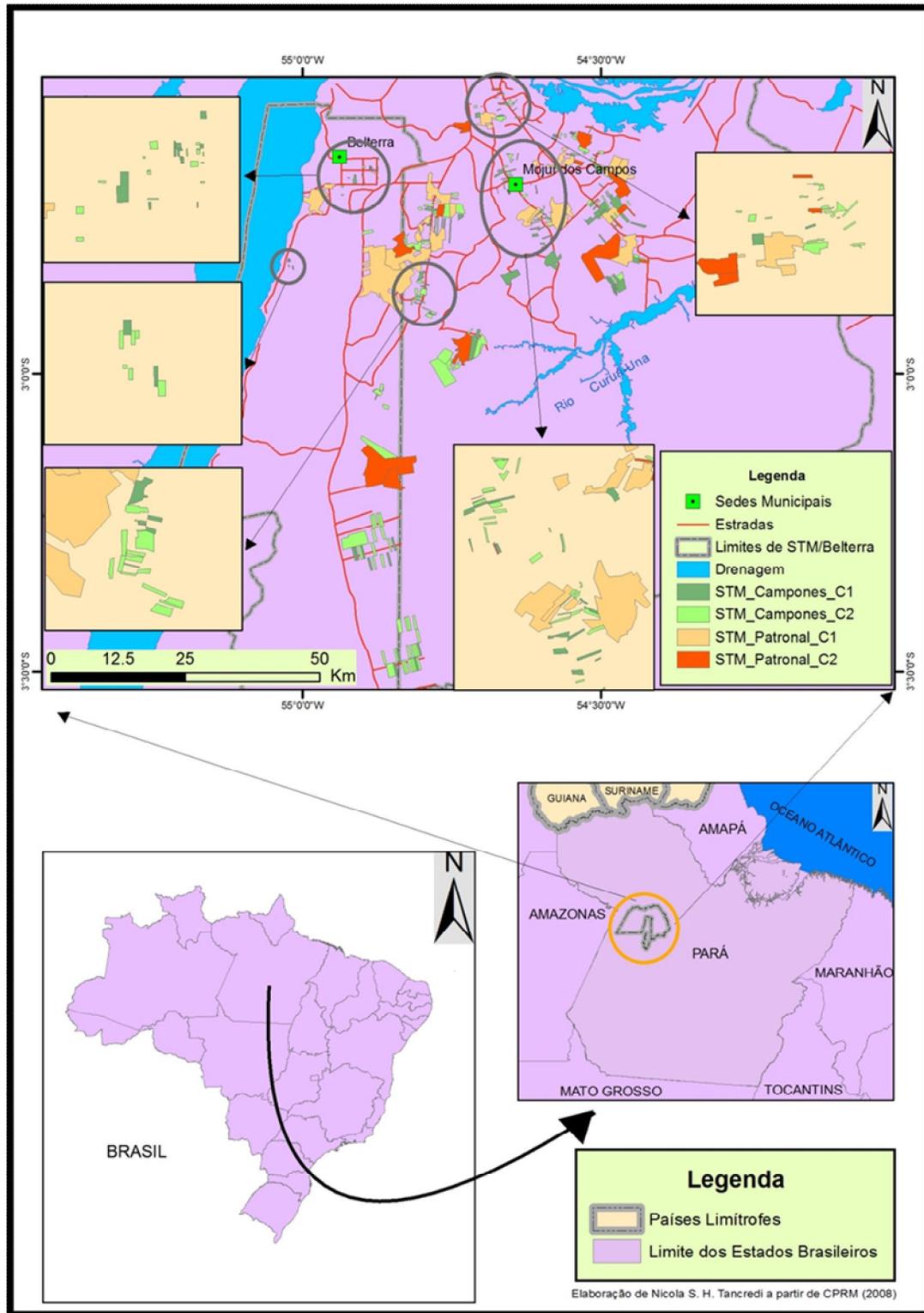


Fonte: Processamentos do próprio autor.

A proporção comparando as modalidades camponesas e patronais na região de Santarém em termos de VBP foram de 1:3, ou seja, as camponesas concentraram 25% do VBP 2009 enquanto que as patronais, 75%. A patronal C1 mais uma vez dominou esta variável com 47,1% do total, a patronal C2 registrou 16,9%, cujo valor foi inferior ao VBP total dos camponeses C2, que apresentou 27,61% do total, ajudado pelas 185 propriedades qualificadas nessa combinação. A camponesa C1 com 88 propriedades teve 8,43% do VBP 2009 em Santarém.

O mapa 11 ilustra a localização das propriedades de Santarém, qualificadas segundo a sua combinação de grupo de produtos.

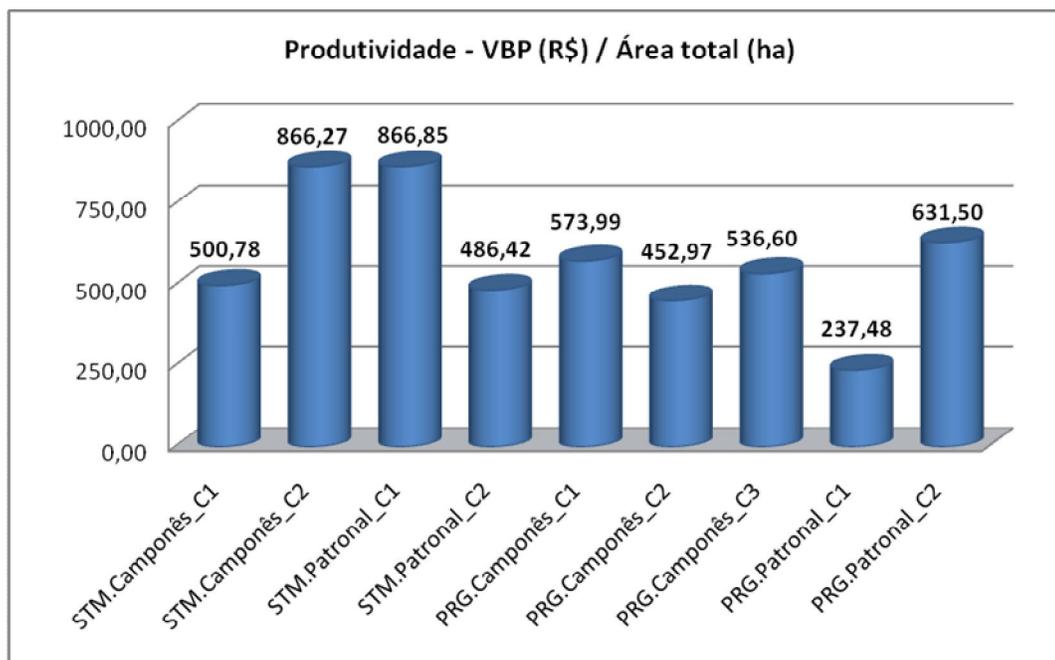
Mapa 11 - Propriedades espacializadas de Santarém/PA, segundo sua combinação de grupo de produtos



Fonte: Processamentos do próprio autor.

A produtividade média (R\$/Ha área total) das combinações de grupos de produtos de Paragominas e Santarém, considerando a relação VBP 2009 pela área ocupada é apresentada no Gráfico 21.

Gráfico 21 – Produtividade por área total das propriedades. entrevistadas, por combinações de grupos de produtos



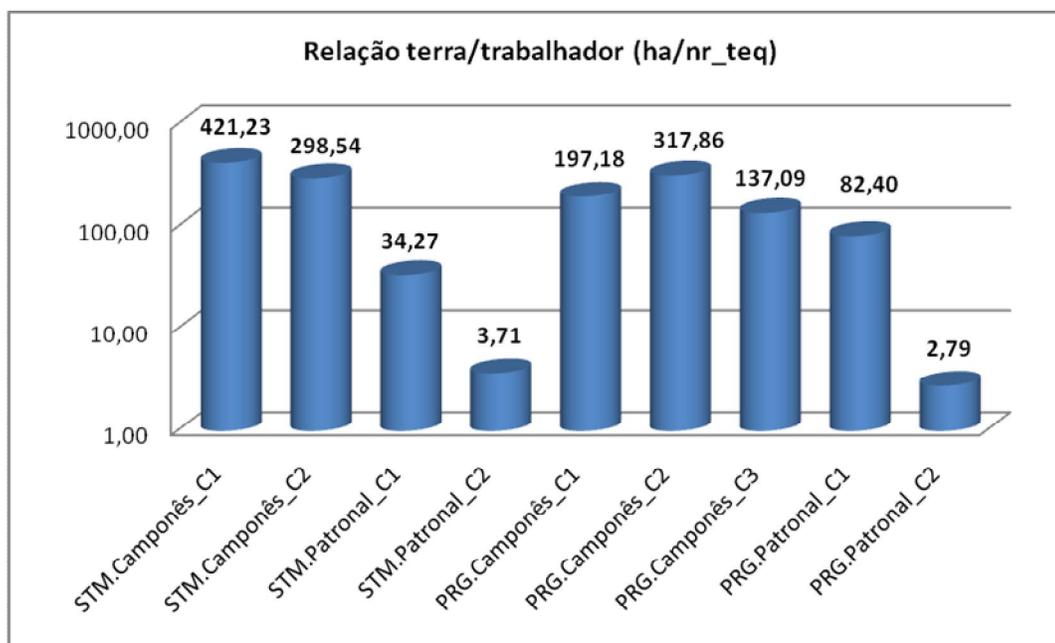
Fonte: Processamentos do próprio autor.

As maiores produtividades por área total dentro os estabelecimentos rurais entrevistados se encontraram na região de Santarém, com os Camponeses.C2, baseado nas culturas permanentes e pecuária de grandes animais, e Patronal.C1, especializado em culturas temporárias e pecuária de grandes animais apresentando respectivamente R\$ 866,27 e R\$ 866,85 de produtividade em termos de valor bruto da produção anual por hectare.

No outro extremo, a patronal C1 em Paragominas, cuja economia baseia-se em pecuária de grandes animais e extrativismo madeireiro apresentou a menor produtividade dentre todas as combinações, registrando R\$ 237,48. O restante das combinações oscilou sua produtividade entre R\$ 452,97 (camponesa C2 de Paragominas) até R\$ 631,50 (patronal C2 de Paragominas).

A relação terra por trabalhadores assalariados é mostrada nos gráficos 22 e 23 têm-se a relação terra por trabalhadores familiares.

Gráfico 22 – Relação terra/trabalhador das combinações de grupos de produtos

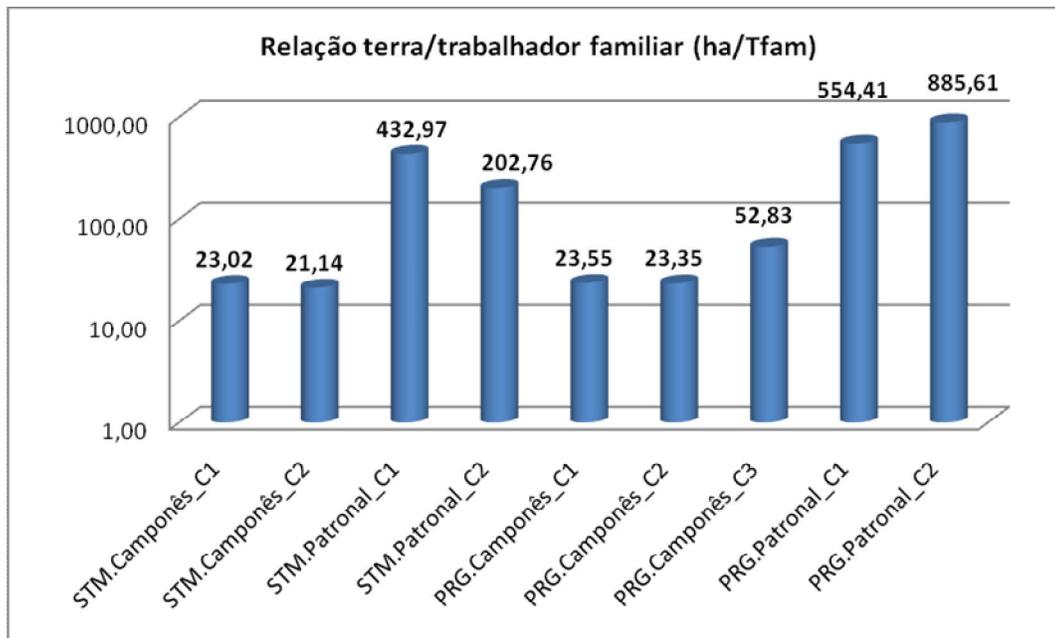


Fonte: Processamentos do próprio autor.

Para esta variável, os patronais apresentaram as maiores quantidades de assalariados por unidade de terra, confirmando a natureza das suas características de contratação de trabalhadores. O patronal C2 de Paragominas foi o que mais contratou considerando a relação terra/trabalhador, com 1 trabalhador a cada 2,79 hectares, seguido pelo patronal C2 de Santarém com 3,71 ha/nr_teq. O patronal C1 de Santarém teve o valor de 34,27 para esta variável, e o C1 de Paragominas apresentou o mais alto valor dentre os patronais, com 82,40.

A modalidade camponesa que prioriza mão-de-obra familiar para trabalhar no estabelecimento apresentou seu maior índice de contratação assalariada de mão-de-obra por hectare na camponesa C3 de Paragominas (137,09), que como já informado anteriormente, baseia-se prioritariamente na pecuária. A camponesa C1 de Paragominas teve 197,18, a C2 de Santarém veio em seguida com 298,54, valor similar à C2 de Paragominas com 317,86, e, por último a camponesa C1, que apresentou a maior relação terra/trabalhador, uma combinação altamente especializada em culturas temporárias, em que apenas 1 assalariado foi contratado a cada 421,23 hectares.

Gráfico 23 - Relação terra/trabalhador familiar das combinações de grupos de produtos



Fonte: Processamentos do próprio autor.

Aqui, a situação se inverteu quando comparado à relação de terra com os trabalhadores assalariados, e neste caso como esperado, os camponeses apresentaram maior participação de trabalho familiar por unidade de área. A camponesa C3 de Paragominas registrou a menor ocupação deste tipo de trabalho com 1 camponês para cada 52,83 ha. As outras 4 modalidades camponesas apresentaram valores bem similares, variando entre 21,14 até 23,55 hectares para cada trabalhador familiar.

Nos patronais, a maior participação de trabalho familiar ocorreu em Santarém, com a patronal C2 com 202,76 e a C1 com 432,97. Na região de Paragominas, a patronal C1 obteve 554,41 e a C2, a menor participação de trabalho familiar precisou de 885,61 ha para um camponês.

6.3.2 Atuação institucional e “Combinações C de Grupos de Produtos”

Tal qual Costa (2012), adotou-se o Índice de Densidade Institucional (IDI) a partir do crédito agrícola, que foi calculado a partir da divisão entre participação percentual das “Combinações C de Grupos de Produtos” no crédito (% que acessaram o crédito total) e a participação respectiva no VBP rural_2009 (% VBP rural_2009). A tabela 28 consolida os resultados desse procedimento, considerando a “Combinação C de grupos de produtos” por microrregião. Se o valor do IDI for maior que 1 significa

que a combinação acessou mais crédito do que sua importância econômica, permitindo inferir que teve um ambiente institucional que a favoreceu na razão direta do valor do IDI.

Tabela 28 – Índice de densidade institucional das Combinações C de grupos de produtos por microrregiões

Combinações de Grupos de Produtos	Índice de Densidade Institucional 2009		
	Paragominas	Santarém	Total geral
Camponês_C1	0,18	0,97	0,39
Camponês_C2	0,33	0,41	0,22
Camponês_C3	0,46	-	0,59
Patronal_C1	1,86	1,16	1,32
Patronal_C2	0,84	1,55	1,04
Total geral	1,00	1,00	1,00

Fonte: Processamentos do próprio autor, adaptado de Costa (2012).

Das 4 combinações patronais, 3 apresentaram IDI maior que 1, e apenas a combinação patronal.C2 em Paragominas registrou valor de 0,84, ratificando que o ambiente institucional para acesso ao crédito aos estabelecimentos patronais é mais favorável.

A patronal.C1 de Paragominas com IDI = 1.86 foi o maior valor encontrado, sendo dominada pelo extrativismo madeireiro e pecuária de grandes animais. Na microrregião de Santarém, a patronal.C2 obteve maior IDI com 1,55, que possui a presença bem distribuídas de três modos de produção (culturas temporárias, pecuária de grandes animais e extrativismo madeireiro).

Todas as 5 combinações camponesas, sendo 3 em Paragominas e 2 em Santarém possuem IDI menores que 1, sendo a combinação camponesa.C1 em Santarém, que é a mais especializada de todas (culturas temporárias) a que mais se destaca neste índice atingindo 0,97 e o restante das combinações não possuem IDI que ultrapassem 0,50. O mais baixo IDI ficou com a combinação camponesa.C1 de Paragominas, com 0,18, que é dominada pelo extrativismo madeireiro e boa representatividade de cultura temporária.

6.3.3 Classificação de uso do solo via sensoriamento remoto das Combinações de Grupos de Produtos

Foram aplicados 2 tipos de procedimentos de classificação de uso do solo utilizando dados provenientes de sensoriamento remoto, sendo um deles executado pelo próprio autor, que foi a classificação não supervisionada isodata e o outro sistematizado dos dados gerados pelo Programa *Terra Class*, executado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Centro Regional da Amazônia. Os resultados dessas análises são apresentados nos subtópicos 6.3.3.1 e 6.3.3.2.

6.3.3.1 Resultados da Classificação Isodata

A classificação de uso e ocupação do solo isodata utilizou as cenas listadas no quadro 5.

Quadro 5 – Características das imagens utilizadas na classificação isodata

Satélite/Sensor	Órbita/Ponto	Região	Data de Passagem
Landsat/TM	222/062	Paragominas	10 de agosto de 2009
Landsat/TM	223/062	Paragominas	17 de agosto de 2009
Landsat/TM	223/063	Paragominas	17 de agosto de 2009
Landsat/TM	227/062	Santarém	12 de julho 2009

Fonte: Processamentos do próprio autor.

As características dessas imagens são apresentadas na tabela 29, considerando como referência o ano de 2009, ano de referência da produção do questionário socioeconômico-ambiental.

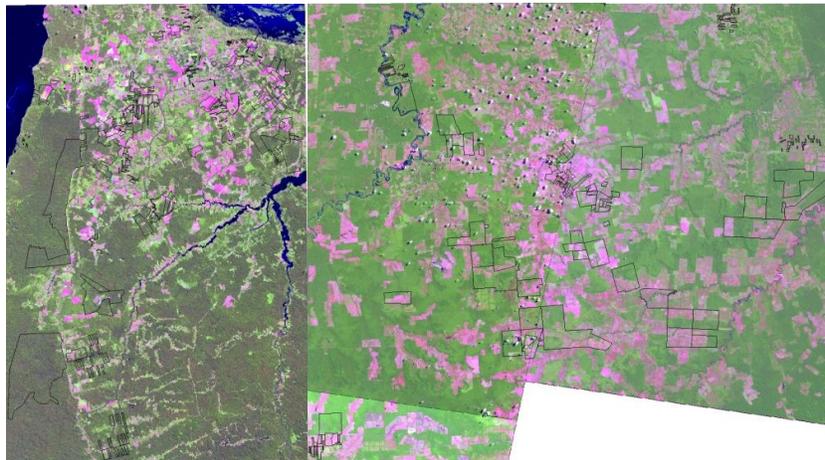
Tabela 29 – Características das imagens para classificação do uso do solo 2009

Local	Santarém	Paragominas		
Satélite	Landsat 5			
Sensor	Thematic Mapper (TM)			
Órbita / Ponto	227/062	222/062	223/062	223/063
Data de Passagem (dd/mm/aaaa)	12/07/2009	10/08/2009	17/08/2009	17/08/2009
Latitude Norte (°)	-1.98757	-1.98894	-1.98842	-3.43427
Longitude Oeste (°)	-55.10020	-47.36580	-48.91370	-49.22460
Latitude Sul (°)	-3.79839	-3.79672	-3.79727	-5.24411
Longitude Leste (°)	-53.72910	-45.99790	-47.54660	-47.85470
Tempo Central (GMT)	13:37:01	13:06:33	13:12:49	13:13:14
Cobertura de Nuvens – Q1 (%)	10	0	10	10
Cobertura de Nuvens – Q2 (%)	20	20	10	0
Cobertura de Nuvens – Q3 (%)	0	0	0	0
Cobertura de Nuvens – Q4 (%)	0	10	10	0

Fonte: Processamentos do próprio autor, a partir de INPE (2012).

A Figura 32 ilustra os recortes das cenas de satélites para geração das classes de uso do solo e as propriedades entrevistadas.

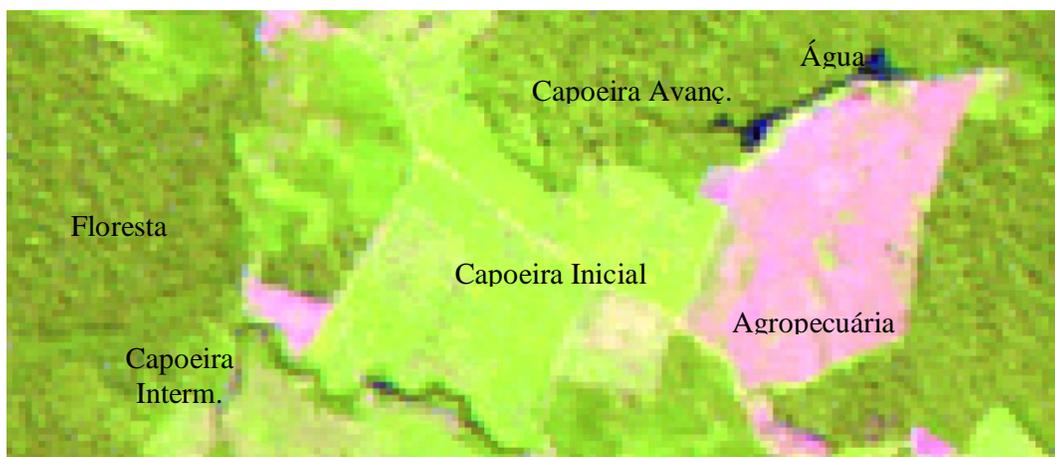
Figura 32 – Recorte das cenas de satélite de Santarém e Paragominas/PA



Fonte: Processamentos do próprio autor.

A Figura 33 exemplifica amostras extraídas das cenas de satélites da área investigada, que subsidiaram o produto final das classes de uso e ocupação do solo. Neste recorte estão contempladas as 6 principais classes do mapeamento.

Figura 33 – Mosaico das classes de uso do solo utilizadas na classificação isodata



Fonte: Processamentos do próprio autor.

A tabela 30 ilustra a matriz de erros dos resultados para avaliação dos erros de omissão e comissão do mapeamento *isodata*, que utilizou 33 transectos amostrais

levantados pelo Projeto Rede Amazônia Sustentável, sendo 21 situados em Paragominas e 13 em Santarém.

Tabela 30 - Matriz de erros para a classificação isodata das áreas de estudo

Classes de Uso do Solo <i>Isodata</i>	Agropecuária	Capoeira inicial	Capoeira intermediária	Capoeira avançada	Floresta	Total	Erro de Omissão (%)	Acurácia (%)
Agropecuária	11	0	0	0	0	11	0,00%	100,00%
Capoeira inicial	0	2	1	1	0	4	50,00%	50,00%
Capoeira intermediária	1	0	1	0	0	2	50,00%	50,00%
Capoeira avançada	0	0	0	2	0	2	0,00%	100,00%
Floresta	0	0	0	0	14	14	0,00%	100,00%
Total	12	2	2	3	14	33		
Erro de Omissão (%)	8,33%	0,00%	50,00%	33,33%	0,00%			
Acurácia (%)	91,67%	100,00%	50,00%	67,34%	100,00%			

Acurácia total (%) = 90.91%

Fonte: Processamentos do autor

O índice de *kappa* foi calculado para avaliar a acurácia do mapeamento, considerando que o valor da diagonal principal é 30 e o número de amostras (N) é 33, tal qual está desenvolvido na equação abaixo.

$$\begin{aligned}
 ef1 &= (\text{linha total1} * \text{coluna total1}) / \text{soma total} \\
 ef1 &= (11 * 12) / 33 = 4,00 \\
 ef2 &= (\text{linha total2} * \text{coluna total2}) / \text{soma total} \\
 ef2 &= (2 * 4) / 33 = 0,24 \\
 ef3 &= (\text{linha total3} * \text{coluna total3}) / \text{soma total} \\
 ef3 &= (2 * 2) / 33 = 0,12 \\
 ef4 &= (\text{linha total4} * \text{coluna total4}) / \text{soma total} \\
 ef4 &= (3 * 2) / 33 = 0,18 \\
 ef5 &= (\text{linha total4} * \text{coluna total4}) / \text{soma total} \\
 ef5 &= (14 * 14) / 33 = 5,94 \\
 \Sigma ef &= ef1 + ef2 + ef3 + ef4 + ef5 \\
 \Sigma ef &= 4,00 + 0,24 + 0,12 + 0,18 + 5,94 = 10,48 \\
 Dp &= 30 \\
 N &= 33 \\
 K &= (Dp - \Sigma ef) / (N - \Sigma ef) \\
 K &= (30 - 10,48) / (33 - 10,48) = 19,52 / 22,52 \\
 Kappa &= 0,87
 \end{aligned}$$

(Eq. 6.16 Índice de Kappa Isodata)

O valor *Kappa* calculado foi 0,87, indicando um mapeamento qualificado como "excelente", segundo classificação de Landis e Koch (1977).

A tabela 31 ilustra os resultados da classificação de uso do solo provenientes do sensoriamento remoto, distribuídas pelas combinações das formas de produção, a partir da classificação não supervisionada *isodata*.

Tabela 31 – Resultados da classificação de uso do solo isodata 2009 das combinações de grupos de produtos

Uso do Solo – Isodata 2009	Combinação (fatores) por forma de produção									Total geral
	Camponesa _C1		Camponesa _C2		Camp. _C3	Patronal _C1		Patronal _C2		
	PRG	STM	PRG	STM	PRG	PRG	STM	PRG	STM	
Agropecuária	40,38%	31,17%	43,19%	21,24%	64,75%	23,77%	39,29%	36,33%	24,92%	31,94%
Água	1,68%	0,15%	0,34%	0,35%	0,35%	0,35%	0,22%	1,04%	0,84%	0,67%
Capoeira avançada	9,71%	17,51%	10,17%	17,61%	4,61%	17,11%	11,14%	8,61%	12,31%	12,23%
Capoeira inicial	19,98%	8,56%	23,40%	7,05%	13,73%	17,13%	3,04%	12,11%	4,24%	11,99%
Capoeira intermediária	1,26%	7,08%	0,94%	4,49%	0,85%	0,67%	2,08%	0,63%	3,56%	1,41%
Floresta	27,00%	35,53%	21,95%	49,26%	15,70%	40,96%	44,22%	41,28%	54,13%	41,76%

FONTE: Processamentos do autor

6.3.3.2 Resultados da Classificação TerraClass

As características das imagens utilizadas para classificar o uso do solo nas regiões de Paragominas e Santarém são apresentadas na tabela 32, considerando como referência o ano de 2008 e na tabela 33 para o ano de 2010, anos mais próximos disponíveis em relação ao ano de referência do questionário socioeconômico-ambiental (2009).

Tabela 32 – Características das imagens para classificação do uso do solo 2008

Local	Região de Santarém	Região de Paragominas		
Satélite		Landsat 5		
Sensor		Thematic Mapper (TM)		
Órbita / Ponto	227/062	222/062	223/062	223/063
Data de Passagem (dd/mm/aaaa)	27/09/2008	26/10/2008	01/10/2008	14/08/2008
Latitude Norte (°)	-1.98870	-1.99108	-1.98992	-3.43508
Longitude Oeste (°)	-55.08980	-47.37480	-48.91180	-49.19270
Latitude Sul (°)	-3.79699	-3.79527	-3.79615	-5.24285
Longitude Leste (°)	-53.73110	-46.00670	-47.5522	-47.81010
Tempo Central (GMT)	13:32:54	13:01:01	13:08:02	13:09:50
Cobertura de Nuvens – Q1 (%)	20	10	20	0
Cobertura de Nuvens – Q2 (%)	10	40	10	10
Cobertura de Nuvens – Q3 (%)	20	0	60	0
Cobertura de Nuvens – Q4 (%)	30	40	50	10

Fonte: Processamentos do próprio autor, a partir de INPE (2012).

Tabela 33 – Características das imagens para classificação do uso do solo 2010

Local	Região de Santarém	Região de Paragominas		
Satélite	Landsat 5			
Sensor	Thematic Mapper (TM)			
Órbita / Ponto	227/062	222/062	223/062	223/063
Data de Passagem (dd/mm/aaaa)	29/06/2010	14/09/2010	03/07/2010	05/09/2010
Latitude Norte (°)	-1.98870	-1.98944	-1.98876	-3.43569
Longitude Oeste (°)	-55.07140	-47.36730	-48.89420	-49.21340
Latitude Sul (°)	-3.79727	-3.79624	-3.79707	-5.24230
Longitude Leste (°)	-53.69770	-46.00320	-47.52070	--47.84950
Tempo Central (GMT)	13:38:46	13:07:31	13:14:02	13:14:08
Cobertura de Nuvens – Q1 (%)	10	10	10	10
Cobertura de Nuvens – Q2 (%)	10	50	20	0
Cobertura de Nuvens – Q3 (%)	10	10	20	10
Cobertura de Nuvens – Q4 (%)	20	20	10	0

Fonte: Processamentos do próprio autor, a partir de INPE (2012).

As tabelas 34 e 35 sistematizam informações geoespaciais das combinações por forma de produção como resultados do *TerraClass* (EMBRAPA; INPE, 2011), que objetivou qualificar as áreas já desflorestadas da Amazônia, a partir de imagens orbitais, resultando na elaboração de um produto que descreve a situação do uso e cobertura da terra nos anos de 2008 e 2010.

Tabela 34 – Resultados da classificação de uso do solo terra class 2008 das combinações de grupos de produtos

Uso do Solo – terra class 2008	Combinação (fatores) por forma de produção									Total geral
	Camponesa _C1		Camponesa _C2		Camp. _C3	Patronal _C1		Patronal _C2		
	PRG	STM	PRG	STM	PRG	PRG	STM	PRG	STM	
Agricultura anual	0,00%	10,43%	3,44%	2,46%	6,02%	3,29%	20,59%	6,70%	8,49%	7,01%
Área não observada	11,03%	16,08%	11,67%	11,42%	26,57%	14,28%	25,64%	22,33%	8,61%	18,52%
Área urbana	0,00%	0,11%	0,07%	0,01%	0,04%	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%
Desflorestamento	8,33%	0,23%	3,75%	0,63%	0,72%	0,18%	0,01%	0,06%	0,00%	0,24%
Floresta	39,55%	36,99%	21,90%	46,46%	9,23%	38,37%	36,51%	35,02%	52,79%	37,33%
Hidrografia	1,29%	0,08%	0,19%	0,07%	0,36%	0,06%	0,09%	0,35%	0,50%	0,23%
Mosaico de ocupações	6,46%	3,36%	5,18%	5,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,53%
Não floresta	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,07%	0,00%	0,21%	0,00%	0,11%
Outros	0,00%	0,00%	0,00%	0,03%	0,00%	0,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
Pasto limpo	15,49%	10,09%	25,69%	13,44%	37,92%	13,06%	5,08%	19,88%	11,82%	15,69%
Pasto sujo	6,69%	4,00%	10,78%	3,71%	11,03%	2,90%	0,64%	3,78%	2,54%	3,41%
Regeneração com pasto	0,35%	3,64%	2,43%	2,48%	0,58%	2,70%	2,82%	1,11%	1,74%	1,94%
Vegetação secundária	10,80%	15,00%	14,91%	14,25%	7,53%	25,04%	8,64%	10,54%	13,50%	14,96%

Fonte: Processamentos do autor

A periodicidade deste projeto é bianual, portanto após 2008, o próximo ano de divulgação descreveu o uso em 2010 (tabela 35), cujos resultados só foram publicados em 2013.

Tabela 35 – Resultados da classificação de uso do solo terra class 2010 das combinações de grupos de produtos

Uso do Solo – terra class 2010	Combinação (fatores) por forma de produção									Total geral
	Camponesa_C1		Camponesa_C2		Camp._C3	Patronal_C1		Patronal_C2		
	PRG	STM	PRG	STM	PRG	PRG	STM	PRG	STM	
Agricultura anual	0,00%	24,36%	6,53%	9,25%	18,25%	5,42%	37,80%	8,52%	19,35%	11,85%
Área não observada	0,47%	0,00%	0,43%	0,00%	3,43%	0,92%	0,04%	1,13%	0,00%	0,80%
Área urbana	0,00%	0,28%	0,07%	0,04%	0,04%	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,02%
Desflorestamento	6,32%	0,85%	1,21%	0,62%	0,07%	0,00%	0,19%	0,03%	0,16%	0,16%
Floresta	27,63%	35,73%	19,39%	45,62%	8,91%	38,23%	35,89%	34,93%	51,85%	36,94%
Hidrografia	1,29%	0,08%	0,19%	0,07%	0,36%	0,06%	0,09%	0,35%	0,50%	0,23%
Mosaico de ocupações	2,22%	8,86%	0,74%	8,22%	0,00%	0,00%	1,63%	0,00%	2,59%	1,11%
Não floresta	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,07%	0,00%	0,21%	0,00%	0,11%
Outros	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,05%	0,05%	0,00%	0,61%	0,00%	0,29%
Pasto limpo	30,56%	1,34%	37,83%	1,32%	40,37%	12,57%	0,23%	26,17%	6,00%	16,79%
Pasto sujo	1,76%	0,41%	0,55%	4,39%	0,00%	1,67%	0,35%	2,92%	1,26%	2,12%
Reflorestamento	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	11,56%	0,00%	0,00%	0,00%	3,20%
Regeneração com pasto	12,30%	11,87%	7,79%	13,17%	5,30%	2,43%	3,74%	5,11%	4,10%	4,94%
Vegetação secundária	17,45%	16,22%	25,27%	17,29%	22,22%	27,02%	20,05%	20,01%	14,18%	21,44%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Fonte: Processamentos do autor

O ano-base para a coleta das entrevistas e da classificação *isodata* é 2009, porém neste período não estão disponíveis resultados no *TerraClass*, definindo-se 2010 como ano de referência para as análises avançadas de geotecnologias, por ser o ano principal de aplicação das entrevistas em campo e também o período mais recente disponível.

6.3.4 Estruturas camponesas e patronais da região Norte (Censo Agropecuário 1995-1996) e sua relação com o universo amostral de Paragominas e Santarém (Questionário Socioeconômico Ambiental 2009)

Os coeficientes betas oriundos das regressões, atributos associados de qualificações dos grupos de produtos, cargas fatoriais das combinações de grupos de produtos relativos às estruturas camponesas e patronais na região Norte produzidos pelas análises de Costa (2012), utilizando os dados secundários do censo agropecuário do IBGE realizado em 1995-1996 são expressos na Tabela 36.

Tabela 36 – Tabela resumo de resultados estatísticos de coeficientes e atributos dos grupos de produtos dos modos de produção (região Norte)

Grupos de produtos	Coef. b i j	Variáveis Dependentes			Atributos dos grupos de produtos			Classe do Grupo de Produtos	Cargas fatoriais (primeiros cinco fatores ou componentes principais)				
		YB	YL	I	Socialmente Relevante	Compensação Privada Positiva	Fonte de Investimento		C1	C2	C3	C4	C5
		1	2	3									
Forma de Produção Patronal													
Culturas Perm. – CP	1	0,145	-0,189	0,069	V	F (-1,30)	V	G7	0,342	0,664	0,141	-0,315	-0,318
Culturas Temp. – CT	2	0,363	-0,105	0,651	V	F (-0,29)	V	G7	0,459	-0,206	0,051	0,489	0,304
Ext. Madeireiro – FM	3	0,111	0,170	-0,035	V	V (1,53)	F	G2	0,407	-0,183	0,119	-0,712	0,525
Extrativismo não Mad. - FNM	4	0,025	0,079	-0,038	F	V (3,16)	F	G8	-	-	-	-	-
Horticultura – CH	5	0,004	0,095	-0,020	F	V (23,75)	F	G8	-	-	-	-	-
Pec. de Grandes Animais – PC	6	0,548	0,507	-0,054	V	V (0,93)	F	G2	0,756	-0,284	-0,002	0,112	-0,032
Pec. de Leite – PL	7	0,119	0,308	0,492	V	V (2,59)	V	G1	0,774	0,120	0,032	0,105	-0,336
Pec. Médios Animais – PM	8	0,012	-0,039	-0,019	F	F (-3,25)	F	G4	-	-	-	-	-
Pec. Pequenos Animais – PP	9	0,287	0,262	-0,016	V	V (0,91)	F	G2	0,072	0,715	0,021	0,289	0,053
Silvicultura – S	10	0,516	0,280	0,031	V	V (0,54)	V	G1	-0,148	-0,083	0,977	0,097	-0,33
Crédito para Investimento				0,273					-	-	-	-	-
R ²		1,000	0,682	0,862				% Variância (80,8%)	24,2	16,13	14,2	13,8	12,6
Forma de Produção Camponesa													
Culturas Perm. – CP	1	0,225	0,194	0,184	V	V (0,86)	V	G1	0,845	0,149	-0,223	-0,199	-0,399
Culturas Temp. – CT	2	0,478	0,581	-0,082	V	V (1,22)	F	G2	0,674	0,393	-0,440	-0,296	0,320
Ext. Madeireiro – FM	3	0,178	0,200	-0,038	V	V (1,12)	F	G2	0,067	0,580	0,737	-0,334	0,014
Extrativismo não Mad. - FNM	4	0,156	0,186	-0,079	V	V (1,19)	F	G2	0,275	0,746	-0,009	0,607	-0,011
Horticultura – CH	5	0,058	0,045	-0,026	F	V (0,78)	F	G8	-	-	-	-	-
Pec. de Grandes Animais – PC	6	0,152	0,085	0,258	V	V (0,56)	V	G1	0,788	-0,408	0,267	0,155	0,219
Pec. de Leite – PL	7	0,215	0,223	0,416	V	V (1,04)	V	G1	0,810	-0,386	0,282	0,125	-0,061
Pec. Médios Animais – PM	8	0,022	0,017	0,210	F	V (0,77)	V	G5	-	-	-	-	-
Pec. Pequenos Animais – PP	9	0,097	0,008	0,020	F	V (0,08)	V	G5	-	-	-	-	-
Silvicultura – S	10	0,005	0,005	0,065	F	F (-1,00)	V	G6	-	-	-	-	-
Crédito para Investimento				0,111									
R ²		1,000	0,994	0,905				% Variância (96,9%)	42,1	23,2	15,6	10,8	5,2

Fonte: Costa (2012).

Na tabela acima verificou-se que as classes de grupos de produtos patronais explicaram 80,8% da variância dos estabelecimentos patronais e 96,9% dos camponeses. Os modos de produção patronais socialmente relevantes são cultura permanente, cultura temporária, extrativismo madeireiro, pecuária de grandes animais, pecuária de leite, pecuária de pequenos animais e silvicultura e os camponeses são culturas permanentes e temporárias, extrativismo madeireiro e não madeireiro, pecuária de grandes animais e pecuária leiteira.

Os coeficientes betas oriundos das regressões, atributos associados de qualificações dos grupos de produtos, cargas fatoriais das combinações de grupos de produtos relativos às estruturas camponesas e patronais nas microrregiões de Paragominas e Santarém são apresentados nas tabelas 37 e 38, respectivamente.

Tabela 37 – Tabela resumo de resultados estatísticos de coeficientes e atributos dos grupos de produtos dos modos de produção (Paragominas/PA)

Grupos de produtos	Coef. b	Variáveis Dependentes			Atributos dos grupos de produtos			Classe do Grupo de Produtos	Cargas fatoriais (primeiros cinco fatores ou componentes principais)				
		YB	YL	I	Socialmente Relevante	Compensação Privada Positiva	Fonte de Investimento		C1	C2	C3	C4	C5
	i	1	2	3									
Forma de Produção Patronal													
Culturas Perm. - CP	1	0,025	0,035	0,025	F	V(1,39)	V	G5	-	-	-	-	-
Culturas Temp. - CT	2	0,661	0,487	10,097	V	V(0,74)	V	G1	0,264	0,866	-	-	-
Ext. Madeiro - FM	3	0,414	0,367	0,259	V	V(0,89)	V	G1	0,664	-0,529	-	-	-
Extrativismo não Mad. - FNM	4	0,003	0,031	-0,163	F	V(10,35)	F	G8	-	-	-	-	-
Horticultura - CH	5	0,002	0,017	-0,058	F	V(10,95)	F	G8	-	-	-	-	-
Pec. de Grandes Animais - PC	6	0,784	0,875	0,288	V	V(1,12)	V	G1	-0,802	-0,152	-	-	-
Pec. de Leite - PL	7	0,015	0,036	-0,059	F	V(2,46)	F	G8	-	-	-	-	-
Pec. Médios Animais - PM	8	0,017	0,041	-0,813	F	V(2,48)	F	G8	-	-	-	-	-
Pec. Pequenos Animais - PP	9	0,028	0,018	0,013	F	V(0,64)	V	G5	-	-	-	-	-
Crédito para Investimento				0,298					-	-	-	-	-
R²		1,000	0,974	0,395				% Variância (73,6%)	38,5	35,1	-	-	-
Forma de Produção Camponesa													
Culturas Perm. - CP	1	0,059	0,010	0,030	F	V(0,34)	V	G5	-	-	-	-	-
Culturas Temp. - CT	2	0,915	0,896	0,775	V	V(1,16)	V	G1	0,265	0,577	-0,656	-	-
Ext. Madeiro - FM	3	0,125	0,125	0,226	V	V(0,55)	V	G1	0,563	-0,639	0,028	-	-
Extrativismo não Mad. - FNM	4	0,011	0,016	-0,045	F	F(-0,36)	F	G4	-	-	-	-	-
Horticultura - CH	5	0,107	0,113	0,039	V	V(2,93)	V	G1	0,156	0,512	0,759	-	-
Pec. de Grandes Animais - PC	6	0,391	0,429	-0,027	V	F(-15,82)	F	G3	-0,801	-0,158	-0,049	-	-
Pec. de Leite - PL	7	0,049	0,043	0,515	F	V(0,08)	V	G5	-	-	-	-	-
Pec. Médios Animais - PM	8	0,010	0,004	0,154	F	V(0,02)	V	G5	-	-	-	-	-
Pec. Pequenos Animais - PP	9	0,025	0,051	0,091	F	V(0,56)	V	G5	-	-	-	-	-
Crédito para Investimento				-0,541					-	-	-	-	-
R²		1,000	0,990	0,418				% Variância (77,3%)	26,3	25,7	25,3	-	-

Fonte: RAS (2012) e Processamentos do próprio autor, adaptado de Costa (2012).

Em Paragominas, as atividades produtivas socialmente relevante das formas de produção patronais explicaram 73,6% da variância total na análise fatorial, já nas estruturas de produção camponesas foram explicados 77,3% da variância.

Tabela 38 – Tabela resumo de resultados estatísticos de coeficientes e atributos dos grupos de produtos dos modos de produção (Santarém/PA)

Grupos de produtos	Coef. B	Variáveis Dependentes			Atributos dos grupos de produtos			Classe do Grupo de Produtos	Cargas fatoriais (primeiros cinco fatores ou componentes principais)				
		YB	YL	I	Socialmente Relevante	Compensação Privada Positiva	Fonte de Investimento		C1	C2	C3	C4	C5
	i	1	2	3				j					
Forma de Produção Patronal													
Culturas Perm. – CP	1	0,094	0,087	0,519	F	V (0,93)	V	G5	0,689	-0,057	-	-	-
Culturas Temp. – CT	2	0,948	0,915	0,359	V	V (0,97)	V	G1	0,805	-0,073	-	-	-
Ext. Madeireiro – FM	3	0,436	0,356	0,575	V	V (0,82)	V	G1	-0,204	0,869	-	-	-
Extrativismo não Mad. – FNM	4	-0,004	-0,003	0,029	F	V (0,78)	V	G5	-	-	-	-	-
Horticultura – CH	5	0,019	-0,058	0,079	F	F (3,12)	V	G6	-	-	-	-	-
Pec. de Grandes Animais – PC	6	0,324	0,433	0,081	V	V (1,34)	V	G1	-0,524	-0,527	-	-	-
Pec. de Leite – PL	7	0,008	0,008	-0,006	F	V (0,96)	F	G8	-	-	-	-	-
Pec. Médios Animais – PM	8	0,006	-0,038	-0,048	F	F (6,53)	F	G4	-	-	-	-	-
Pec. Pequenos Animais – PP	9	0,009	0,016	-0,001	F	V (1,65)	F	G8	-	-	-	-	-
Crédito para Investimento				0,083					-	-	-	-	-
R²		1,000	0,922	0,846				% Variância (62,0%)	36,0	26,0	-	-	-
Forma de Produção Camponesa													
Culturas Perm. – CP	1	0,992	0,995	-0,006	V	V (1,00)	F	G2	0,169	0,861	-	-	-
Culturas Temp. – CT	2	0,136	0,096	0,521	V	V (0,70)	V	G1	0,656	-0,471	-	-	-
Ext. Madeireiro – FM	3	0,002	0,003	-0,028	F	V (1,45)	F	G8	-	-	-	-	-
Extrativismo não Mad. – FNM	4	0,001	0,002	-0,081	F	V (3,03)	F	G8	-	-	-	-	-
Horticultura – CH	5	0,014	0,015	-0,029	F	V (1,06)	F	G8	-	-	-	-	-
Pec. de Grandes Animais – PC	6	0,064	0,059	0,105	V	V (0,92)	V	G1	-0,752	-0,218	-	-	-
Pec. de Leite – PL	7	0,003	0,004	-0,023	F	V (1,32)	F	G8	-	-	-	-	-
Pec. Médios Animais – PM	8	0,003	0,001	0,045	F	V (0,29)	V	G5	-	-	-	-	-
Pec. Pequenos Animais – PP	9	0,009	0,008	0,033	F	V (0,86)	V	G5	-	-	-	-	-
Crédito para Investimento				0,101					-	-	-	-	-
R²		1,000	0,999	0,339				% Variância (67,8%)	34,1	33,7	-	-	-

Fonte: RAS (2012) e Processamentos do próprio autor, adaptado de Costa (2012).

Na região de Santarém, as classes de grupos patronais foram responsáveis por 62,0% da variância na análise fatorial e as camponesas por 67,8%.

Sobre os grupos de produtos per se (suas classes de atributos G), que foi aprendido sobre suas interações nos processamentos mencionados e sua relação com as trajetórias tecnológicas clássicas qualificadas por Costa (2012), o modo em que as Combinações C são caracterizadas possibilita avançar na percepção de como participam das trajetórias das quais são, de algum modo, expressão. Assim, na microrregião de Paragominas:

a) Combinação Camponês.C1 (o fator explica 26,3% da variância total na análise fatorial) – Grande predominância de extrativismo madeireiro com quase 70% do Valor Bruto da Produção 2009 e boa presença de cultura temporárias com pouco

mais de 20% dessa variável, e ambas as classes de produtos estão em posição principal, qualificadas como G1. Suas cargas fatoriais são positivas, reforçando a identificação dessas atividades com essa Combinação. Com quase 7% do VBP 2009 tem-se a pecuária de grandes animais em decadência nesta Combinação, pois sua carga fatorial é -0,801. Outras atividades de menor expressão presentes são a pecuária de pequenos animais com 1,18% e mais horticultura, extrativismo não madeireiro, cultura permanente e pecuária de médios animais, com menos de 1%;

b) Combinação Camponês.C2 (o fator explica 25,7% da variância total na análise fatorial) – As culturas temporárias dominam com mais de 82% do VBP 2009, cujo modo de produção influencia a expansão dessa combinação de modo consistente, qualificado ainda como G1 e carga fatorial positiva superior a 0,50. Apecuária de grandes animais possui 1,36% do VBP, qualificada como G3, está presente de forma inconsistente com carga fatorial negativa. As outras modalidades de produção possuem valores reduzidos, em que o extrativismo não madeireiro atinge 1,74%; pecuária de pequenos animais, 1,7%; cultura permanente, 1,21%; pecuária de médios animais apresentando 1,10%; horticultura, 0,54% e, finalmente o extrativismo madeireiro com ínfimos 0,09%;

c) Combinação Camponês.C3 (o fator explica 25,3% da variância total na análise fatorial) – A pecuária de grandes animais ocupa 70,88% dessa combinação, seguida pela horticultura com 8,68%, que é o modo de produção com carga fatorial mais elevada (superior a 0,75), além de ser qualificado como G1 com capacidade endógena de desenvolvimento. O VBP das culturas permanentes e pecuária de leite atingem cerca de 7% cada, e são qualificados como emergente na combinação, registrando-se também 3,1% na pecuária de pequenos animais, 1,44% para cultura temporária, 0,66% para extrativismo não madeireiro e apenas 0,01% para o madeireiro;

d) Combinação Patronal.C1 (o fator explica 38,5% da variância total na análise fatorial) – Trata-se de uma combinação dominada por 2 modos de produção bem expressivos, na qual o extrativismo madeireiro possui 45,44% do VBP e a pecuária de grandes animais, 40,12%, ambas ocupando posição principal G1, entretanto o extrativismo madeireiro possui carga fatorial que mais se identifica com a combinação (0,664), enquanto que na pecuária de grandes animais este valor é fortemente negativo (-0,802). As culturas temporárias têm 7,78% do VBP, 2,5% as culturas permanentes, 2,28% a pecuária de pequenos animais, 1,58% a pecuária leiteira, 0,13% para

horticultura e pecuária de médios animais e apenas 0,05% para extrativismo não madeireiro;

e) Combinação Patronal.C2 (o fator explica 35,10% da variância total na análise fatorial) – Dominada pela pecuária de grandes animais (73,46% do VBP), com boa representação das culturas temporárias (25,81% do VBP da Combinação), ambos classificados como G1 no modo de produção patronal. Os outros modos de produção possuem presença bastante discreta, com a pecuária de médios animais com 0,39%; cultura permanente, 0,19%; pecuária de leite, 0,07% e extrativismo não-madeireiro, 0,06%. Trata-se da combinação com maior Valor Bruto da Produção dentre todas as encontradas, registrando 76,14% na microrregião de Paragominas.

Na microrregião de Santarém, a configuração da combinação de grupo de produtos foi a seguinte:

a) Combinação Camponês.C1 (o fator explica 34,1% da variância total na análise fatorial) – É a mais especializada dentre todas as combinações, apontando 94,45% do VBP somente com as culturas temporárias, que ocupa posição consistente e principal na combinação, qualificada como G1 e carga fatorial muito positiva (maior que 0,65). A pecuária de grandes animais aparece com 1,67% do VBP, cultura permanente com 1,03%, horticultura com 0,83%, pecuária de pequenos animais com 0,81%, extrativismo madeireiro com 0,75%, pecuária de médios animais com 0,32% e extrativismo não madeireiro com 0,13%;

b) Combinação Camponês.C2 (o fator explica 33,7% da variância total na análise fatorial) – Trata-se de combinação com predomínio de cultura permanente (73,76% do VBP), com carga fatorial positiva superior a 0,85, inferindo forte identificação deste modo de produção com a combinação, ocupando posição principal na combinação, porém qualificada como G2, sem capacidade endógena de desenvolvimento. Possui ainda boa participação da pecuária de grandes animais (18,69% do VBP), cultura temporária (2,61%), pecuária de pequenos animais (1,83%), horticultura (1,66%), pecuária de médios animais (0,58%), extrativismo madeireiro (0,42%), pecuária leiteira (0,26%) e extrativismo não madeireiro (0,17%);

c) Combinação Patronal.C1 (o fator explica 36,0% da variância total na análise fatorial) – Possui amplo domínio das culturas temporárias ocupando 87,81% da combinação, com forte identificação nessa estrutura em função da elevada carga fatorial superior a 0,80, e ainda qualificada como G1. A pecuária de grandes animais

possui 9,38% do VBP dessa combinação, cultura permanente tem 2,59%, pecuária de médios animais tem 0,10%, horticultura tem 0,07%, pecuária de pequenos animais tem 0,03% e extrativismo não madeireiro tem 0,01%. É a combinação com maior representatividade no Valor Bruto da Produção na microrregião de Santarém com quase 50% do total;

d) Combinação Patronal.C2 (o fator explica 26,0% da variância total na análise fatorial) – Trata-se de uma combinação equilibrada com participação equivalente de três modos de produção, em que a cultura temporária aparece com 35,19% do VBP total, a pecuária de grandes animais 33,19% e o extrativismo madeireiro tem 28,27%, sendo este último apresentando a carga fatorial mais positiva, com 0,869. A horticultura vem na sequência com 1,33%; pecuária de pequenos animais com 0,84% do VBP total, pecuária leiteira, 0,63%; cultura permanente, 0,47%; e os residuais extrativismo não madeireiro, 0,05% e pecuária de médios animais, 0,03%.

As tabelas 39 e 40 mostram a correlação entre as cargas fatoriais dos grupos de produtos socialmente relevante dos estabelecimentos camponeses e patronais entrevistados na área de estudo desta Tese com as cargas encontradas por Costa (2012) nas estruturas camponesas e patronais da região Norte, utilizando o censo agropecuário 1995-1996.

Tabela 39 – Correlação das cargas fatoriais dos estabelecimentos camponeses

Estabelecimentos Camponeses (Censo 1995-96)	Combinação de Grupos de Produtos (Paragominas e Santarém/PA)				
	camp_C1_PRG	camp_C2_PRG	camp_C3_PRG	camp_C1_STM	camp_C2_STM
camp_C1	-0,673985801	0,155709476	-0,722164886	-0,512081604	0,860812128
camp_C2	0,941918708	-0,158193635	-0,305604309	0,998952573	0,042087648
camp_C3	0,067238272	-0,943539165	0,332157482	-0,999065628	-0,039548534
camp_C4	-0,883733738	0,128878479	0,455999714	-0,989973434	-0,13761607
camp_C5	-0,38827594	0,368707386	-0,847410511	-0,045997698	-0,998765834

Fonte: Processamentos do próprio autor.

A combinação camponesa C1 de Paragominas possui maior carga fatorial na atividade de extração madeireira e importante participação das culturas temporárias, ambas com atributo G1, mas no arranjo das estruturas da região Norte, essas atividades de produção possuem atributo G2, e apesar de ocupar posição principal, influenciando na produção de modo consistente, não apresenta capacidade endógena de desenvolvimento. Acerca da combinação camponesa C2 paragominense, ressalta-se as cargas fatoriais positivas do grupo de produtos culturas temporárias, qualificada com o atributo G1 (posição principal, potencial de expansão e capacidade endógena de desenvolvimento). Tanto a C1 quanto a C2 camponesas de Paragominas são combinações que, na leitura de Costa (2012), utilizando dados do Censo Agropecuário 1995-96, não foram representativas para qualificar uma trajetória independente, entretanto, tratam-se de combinações que vêm se destacando no âmbito da região Norte e constituiu-se na nova trajetória, denominada de **Trajетória Tecnológica Camponesa T8**, onde a cultura temporária desempenha papel fundamental.

A camponesa C3 desta mesma região apresentou boa correlação com as combinações C3 e C4 de Costa (2012), e grande destaque da pecuária de grandes animais, expressa na tradicional **Trajетória Tecnológica Camponesa T3**.

A combinação camponesa C1 situada na região de Santarém apresentou altíssima correlação com a camponesa C2 qualificada por Costa (2012), destacando-se as culturas permanentes com carga fatorial positiva. A combinação camponesa C2 santarena também registrou carga fatorial positiva com as culturas permanentes, e que se expressa na tradicional **Trajетória Tecnológica Camponesa T2**.

Tabela 40 – Correlação das cargas fatoriais dos estabelecimentos patronais

Estabelecimentos Patronais (Censo 1995-96)	Cargas fatoriais dos estabelecimentos patronais da área de estudo (Paragominas e Santarém)			
	<i>patr_C1_PRG</i>	<i>patr_C2_PRG</i>	<i>patr_C1_STM</i>	<i>patr_C2_STM</i>
patr_C1	-0,99174766	-0,120495446	-0,937112211	-0,969484928
patr_C2	0,998843274	0,040321967	0,495924824	0,587331745
patr_C3	0,946701042	-0,329459712	0,731169335	0,800957653
patr_C4	-0,460672998	0,891122582	0,042972633	-0,065825055
patr_C5	0,990511127	-0,145124699	0,12492559	0,016393546

Fonte: Processamentos do próprio autor.

A combinação patronal C1 de Paragominas possui alta correlação com três tipos de combinações qualificadas por Costa (2012), que são as patronais C2, C3 e C5. Destaca-se contudo a patronal C5 de Costa (p. 142, 2012), cuja evolução se revela na **Trajectoria Tecnológica Patronal T4**, tendo em comum as duas maiores cargas fatoriais das atividades culturas temporárias e extrativismo madeireiro e carga fatorial negativa da pecuária de grandes animais. A patronal C2 de Paragominas possui um bom ajuste com a combinação patronal C4 das estruturas patronais de Costa (2012), salientando que esta combinação é o ponto de chegada da Combinação patronal C5, cuja evolução expressa a **Trajectoria Tecnológica Patronal T4**.

As patronais C1 e C2 santarenas apresentaram boa correlação com as combinações C3 e C2 de Costa (2012), ressaltando a participação das culturas temporárias qualificadas como G1 e a pecuária com elevada carga fatorial negativa, inferindo que essas combinações podem se expressar na **Trajectoria Tecnológica Patronal T7**, remetendo à implantação de grandes extensões de cultivos homogêneos, com predominância de soja.

A tabela 41 é resultado da qualificação da produção dos estabelecimentos entrevistados quanto aos tipos de combinações, valor bruto da produção, disponibilidade de fatores, produtividade, relação terra/trabalhador, investimentos e área degradada associada à produção, indicando os tipos de trajetórias tecnológicas reveladas, assinalados pelas combinações de grupos de produtos e considerando os atributos que vêm sendo discutidos por Costa ao longo de seus trabalhos, especialmente a referência de Costa (2012).

Tabela 41 – Características das trajetórias tecnológicas prevalentes nos estabelecimentos entrevistados em Paragominas e Santarém

Trajetórias / Características	Trajetórias					Total	
	Camponês			Patronal			
Combinções	T2	T8	T3	T4	T7	2009	
Número de Estabelecimentos	283	82	18	41	55	479	
VBP 2009 (R\$) das Combinções de Grupos de Produtos	Camponês.C1_PRG		490.084			490.084	
	Camponês.C2_PRG		1.902.471			1.902.471	
	Camponês.C3_PRG			1.488.188		1.488.188	
	Camponês.C1_STM	3.058.194				3.058.194	
	Camponês.C2_STM	10.010.953				10.010.953	
	Patronal.C1_PRG				13.034.660	13.034.660	
	Patronal.C2_PRG				53.968.586	53.968.586	
	Patronal.C1_STM					17.077.167	17.077.167
Patronal.C2_STM					6.114.761	6.114.761	
VBP	Valor Bruto da Produção	12,20%	1,78%	1,39%	62,54%	21,65%	107.145.064
Disponibilidade de Fatores	Pessoal Ocupado (TrbEq)	16,11%	0,44%	0,14%	64,11%	19,20%	53.416,87 (100.00%)
	Área Total (Ha)	8,92%	2,55%	1,40%	70,84%	16,29%	198.120,78 (100.00%)
Produtividade	Área da Agropecuária (Ha)	6,89%	3,41%	2,83%	69,69%	17,18%	63.274,95 (100.00%)
	Por Trabalhador (R\$/TrbEq)	4,17%	28,10%	56,16%	5,37%	6,20%	36.436,78 (100.00%)
	Por Área da Agropecuária (R\$/Ha)	34,92%	9,66%	17,69%	24,83%	12,90%	8.590,81 (100.00%)
Relação Terra/Trabalhador (Ha /TrbEq)		28,78%	16,61%	10,97%	22,58%	21,06%	14,10 (100.00%)
Investimentos	Investimento Conj. da Propriedade	11,23%	2,17%	1,07%	57,40%	28,13%	57.89.838 (100.00%)
	Culturas Permanentes	11,60%	0,00%	3,81%	7,62%	76,98%	183.820,00 (100.00%)
	Culturas Temporárias	20,22%	4,57%	1,15%	37,34%	36,72%	8.218.900,00 (100.00%)
	Pecuária	11,59%	0,42%	1,50%	84,11%	2,39%	1.220.059,00 (100.00%)
	Plantio de Silvicultura	0,00%	0,17%	0,03%	6,68%	93,11%	2.931.954,00 (100.00%)
	Total	11,82%	2,33%	1,05%	53,28%	31,52%	70.446.071,00 (100.00%)
Taxa de investimento produção (% da renda líquida)		16,01%	19,59%	9,25%	8,42%	39,61%	6,37%

Fonte: Processamentos do próprio autor, a partir de RAS (2012).

1) Trajetória Patronal.T4 = Combinação Patronal. [C1--> C2 (--> Pecuária de Grandes Animais)]

Trajetória liderada pela Combinação Patronal.C2_PRG, combinada com a Patronal.C1_PRG. Controla mais de 70,8% da área pesquisada, responsáveis por 62,5% do VBP dentre as trajetórias qualificadas.

2) Trajetória Patronal.T7 = Combinação Patronal. [C1 --> C2 --> Pecuária de Corte --> Culturas Temporárias]

Trajetória que corresponde à mutação da Patronal.T4, ocorrendo o aumento gradual da participação da pecuária de grandes animais por culturas temporárias. Responde por 16,29% da área total investigada e 21,65% do VBP total.

3) Trajetória Camponesa T2 = Combinação Camponesa. [C1 --> C2 --> Sistemas Agroflorestais + Culturas Permanentes]

Formada pelas Camponesas C1 e C2_STM, possui como base o extrativismo não madeireiro combinado com agricultura diverso, expressos nos sistemas agro florestais, cultura temporária e permanente, no qual os processos pressupõem em um certo nível, a conservação da natureza originária. Responde por 8,92% da área investigada e 12,20% do VBP total.

4) Trajetória Camponesa T3 = Combinação Camponesa. [C3]--> Pecuária de Grandes Animais

Representada na Combinação Camponesa.C3_PRG, organizada por estabelecimentos camponeses na qual a pecuária de corte desempenha papel fundamental. Representou 1,78% do VBP total e 2,12% da área ocupada.

5) Trajetória Camponesa T8 = Combinação Camponesa [C1--> C2 --> Culturas temporárias]

Revelada pelas Combinações Camponesas C1 e C2_PRG, com forte presença das culturas temporárias. Representa 2,55% da área de estudo e 2,23% do Valor Bruto da Produção Total. Este perfil, que é bastante comum na zona rural amazônica e vem aumentando sua participação na economia da região é a mais nova trajetória tecnológica qualificada por Costa, e já se manifestou na região investigada, especificamente em Paragominas.

6. 4 Aplicações avançadas do ferramental geotecnológico

As aplicações avançadas com recursos das geotecnologias foram utilizadas para a construção de um banco de dados celular no *Terraview* 4.1.0, integrado ao *software* estatístico conhecido como “R”; análise da estrutura da paisagem a partir de métricas com Sistemas de Informação Geográfica (SIG) no *software* *Fragstats* 4.1 e a construção de algoritmos de otimização probabilística para associação de dados de sensoriamento remoto (classificação genérica *isodata*) com dados de produção (valores declarados pelos entrevistados), gerando um produto final denominado de classificação integrada, mais adequado à realidade das atividades produtivas, aumentando o poder de leitura dos *pixels* gerados.

6.4.1 Banco de Dados Celular “*Terraview*” e Integração com *software* estatístico R

Após a etapa de poligonização, espacialização e qualificação do tipo de trajetória tecnológica das propriedades entrevistadas foi estruturado um BD Celular no ambiente do Programa TerraView 4.1.0²¹ utilizando o formato MySQL²², mecanismo de acesso ao banco de dados externo que melhora a capacidade de análise de dados. As áreas de estudo foram divididas em células de 60 metros de resolução. As variáveis explicativas foram as próprias trajetórias e a sua forma mais elementar, que são as combinações de grupos de produtos, e foram incorporadas variáveis independentes com suas respectivas operações e categoria ao plano celular, utilizando a função “*Plugin*”.

O quadro 6 lista as variáveis independentes implementadas. São apresentados também os operadores que foram aplicados para incorporação ao plano celular. No quadro 7 estão listadas as bases cartográficas e produtos de sensoriamento remoto de apoio.

²¹O TerraView é um aplicativo construído sobre a biblioteca de geoprocessamento TerraLib, tendo como principais objetivos: apresentar à comunidade um fácil visualizador de dados geográficos com recursos de consulta a análise destes dados e exemplificar a utilização da biblioteca TerraLib. O TerraView manipula dados vetoriais (pontos, linhas e polígonos) e matriciais (grades e imagens), ambos armazenados em um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados relacionais ou geo-relacionais de mercado, incluindo ACCESS, PostgreSQL, MySQL, Oracle, SQL Server e Firebird (INPE, 2010).

²²Trata-se do mais popular sistema de gerenciamento de banco de dados SQL *Open Source* (Código aberto). Pode organizar uma coleção de dados estruturados que vão desde a uma simples lista de compras até uma imensa quantidade de informações de uma rede corporativa. A parte SQL do “MySQL” significa *Structured Query Language* – Linguagem Estrutural de Consultas e é a linguagem padrão mais comum usada para acessar banco de dados (ORACLE, 2012).

Quadro 6 - Variáveis independentes no Plano Celular, seus Operadores e Categoria

Categoria	Variável	Operador
Acessibilidade	Estrada	Presença
	Hidrografia unifilar	Presença
	Focos de calor Agregado	Quantidade
	DEGRAD	Presença
Uso e Cobertura	Uso do Solo (classificação não supervisionada isodata, PRODES, TerraClass e classificação integrada)	Classe majoritária e Presença

Fonte: Processamentos do próprio autor.

Quadro 7 – Bases cartográficas e produtos de sensoriamento remoto utilizados

Base Cartográfica					
Produto / Fonte		Escala	Folhas	Projeção	Formato
Bacias Hidrográficas e Estabelecimentos rurais da área de estudo. Temas: Hidrografia, Limite Municipal (CPRM, 2008)		1:1.000.000		Geográfica	Digital Shapefile (*.shp)
Base de Estradas do Centro Regional de Belém (SIPAM, 2011)		1:100.000			
Altimetria e Declividade (SRTM, 2006) e RAS (2012)		1:100.000			
Áreas de Florestas Degradadas na Amazônia (INPE, 2009)		1:100.000			
Empreendimentos Cadastrados (SEMA, 2012)		1:100.000			
Focos de Calor (INPE, 2002)		1:100.000			
Geomorfologia e Pedologia (SIPAM;IBGE, 2004)		1:250.000			
Imagens de Radar					
Órbita/Ponto	Sensor	Data	Folha	Formato	
222/062	SRTM	11/02/2000		Digital	
223/062					
223/063					
227/062					
Imagens de Satélite					
Órbita/Ponto	Satélite	Sensor	Data	Bandas	Formato
222/062	LANDSAT-5	TM	26/10/2008	3,4,5	Matricial (“raster”) – Digital.
223/062			01/10/2008		
223/063			14/08/2008		
227/062			27/09/2008		

Fonte: Processamentos do próprio autor.

As variáveis descritas nos tópicos 6.4.1.1 até 6.4.1.5 foram utilizadas no modelo vetorial, que se caracteriza pela separação inequívoca entre dados temáticos (atributos) e dados de geometria. O formato dos dados foi o *shapefile*, cujo arquivo completo constitui-se de um dado de geometria (*.shp), um temático (*.dbf) e um de associação (*.shx).

6.4.1.1 Variável Estrada

Foram utilizados como referências o arquivo vetorial de infra-estrutura de transportes do SIPAM;IBGE (2004a). Selecionou-se a estradas de jurisdição estadual e federal, aplicando-se um *buffer* de 5 km nestas rodovias. O Mapa 4 (Paragominas) e Mapa 6 (Santarém) apresentam em destaque a localização dessas estradas.

6.4.1.2 Variável Hidrografia

Foram utilizados os arquivos vetoriais produzidos por SIPAM;IBGE (2004c) na escala 1:100.000.

6.4.1.3 Variável Foco de Calor

Os focos de calor foram obtidos através das informações disponibilizadas pela Divisão de Processamento de Imagens (DPI), acessadas a partir do BD de Queimadas (INPE, 2002), reunindo todos os satélites disponíveis: NOAA, GOES, AQUA, TERRA, METEOSAT, ATSR e TRMM.

Os focos de calor detectados no período de 2007-2010 foram juntados em um único arquivo no formato *shapefile*, constituindo-se a variável.

6.4.1.4 Variável DEGRAD

Segundo INPE (2009a), o Sistema de Monitoramento de Áreas de Florestas Degradadas na Amazônia (DEGRAD) objetiva monitorar em escala anual a dinâmica das áreas de florestas degradadas nas áreas florestadas da Amazônia Legal. São consideradas como florestas degradadas áreas não desmatadas e que apresentam evidências de incêndio florestal ou que estão sob exploração madeireira de alta intensidade que resulta em exposição do solo por rarefação do dossel florestal. Para auxiliar a interpretação, estas imagens são processadas de modo a realçar evidências de abertura na copa do dossel florestal e exposição de solo. O realce de imagem é feito a partir da razão simples de imagens de solo e de vegetação obtidas de transformação dos dados radiométricos originais por algoritmo de mistura espectral. A área mínima mapeável é de 6,25 hectares.

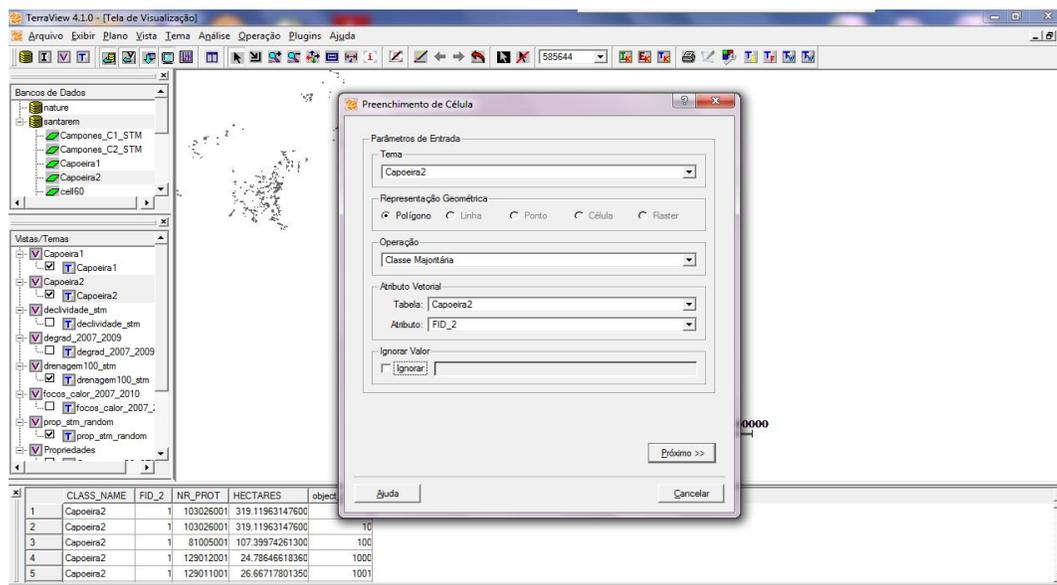
Na composição desta variável foram reunidos os dados DEGRAD referente aos anos 2007, 2008 e 2009 na área estudo.

6.4.1.5 Variável Uso do Solo

Esta variável utilizou os dados primários gerados pelo autor desta Tese, executando a classificação não supervisionada *isodata* (tópico 2.4.1), os dados secundários disponibilizados pelo Projeto *TerraClass* e PRODES, conforme classes de uso apresentadas no tópico 2.4.2. Testou também os resultados encontrados pela classificação integrada, que é um dos produtos finais gerados nesta Tese (tópico 6.4.3).

A Figura 34 ilustra o ambiente do *TerraView* 4.1.0, como parte do processo de estruturação do Banco de Dados Celular “santarem”, exemplificando a operação de preenchimento celular “classe majoritária” para a classe capoeira intermediária (capoeira 2).

Figura 34 – Estruturação do BD Celular no TerraView



Fonte: Processamentos do próprio autor.

O software R 2.13.2²³ foi utilizado para efetuar análises estatísticas entre as variáveis e obter as equações de regressão que melhor expliquem as variáveis

²³ Segundo Peternelli; Mello. (2011), o R é um software de domínio público, com código-fonte aberto, que pode ser modificado ou implementado com novos procedimentos e funções desenvolvidas pelos usuários a qualquer momento. É uma importante ferramenta na análise e manipulação de dados, por

dependentes (trajetórias tecnológicas e combinações de grupos de produtos) a partir das variáveis independentes utilizadas.

A conexão com o programa R foi feita por meio da integração com a biblioteca de classes TerraLib, com os resultados sendo visualizados no Programa TerraView 4.1.0. Para que essa conexão tivesse êxito, foi necessário instalar o pacote²⁴ estatístico aRT²⁵ no *software* R e a integração ocorreu por meio da *Application Programming Interface* – Interface de Programação do Aplicativo (API) deste pacote.

A Figura 35 apresenta as linhas de comando para viabilização da conexão com o BD *MySQL*, que constituem-se em inserção dos dados do usuário e senha; acesso ao BD, apresentação das camadas disponíveis e acesso ao plano celular, utilizando como exemplo os dados para a região de Santarém.

Figura 35 – Linhas de comando para conexão ao BD *MySQL*

```
conn=openConn(user="root")
conn=openConn(user="root", pass="nicola7",port=3306)
db=openDb(conn, "santarem")
showLayers(db)
[1] "Campones_C1_STM" "Campones_C2_STM" "Patronal_C1_STM"
[4] "Patronal_C2_STM" "degrad_2007_2009" "focos_calor_2007_2010"
```

apresentar uma gama de recursos como testes paramétricos e não paramétricos, modelagem linear e não linear, análise de séries temporais, análise de sobrevivência, simulação e estatística espacial, além da facilidade na elaboração de diversos tipos de gráfico, dentre outros. Pode ser obtido gratuitamente em <http://www.r-project.org>.

²⁴Os pacotes ou bibliotecas são os nomes mais usados para designar um conjunto de funções (comandos). As funções básicas do R, por exemplo, está em uma biblioteca chamada “base”. Existem inúmeras bibliotecas, algumas já inclusas na instalação-padrão do R. Várias delas foram desenvolvidas por usuários do R que, em determinado momento, julgaram importante criar funções que suprissem suas necessidades. Depois esses usuários disponibilizaram essas funções na forma de um pacote com certo nome, para que outras pessoas que necessitem usar as mesmas funções não precisem implementá-las novamente. É essa colaboração mútua que faz do R um programa amplo e interdisciplinar (PETERNELLI;MELLO., 2011).

²⁵ A API aRT provê a integração por meio do acoplamento forte entre os softwares R e TerraLib. Trata-se de um pacote do R que foi desenvolvido pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Ao efetivar o intercâmbio entre esses softwares, o aRT propicia ao analista de dados no R, os recursos de acesso aos Banco de Dados Geográficos e às operações implementadas na TerraLib, além de incorporar os resultados gerados no R ao Banco de Dados de forma direta e transparente ao usuário. Esses dados podem então ser visualizados no TerraView.

O pacote aRT é constituído de 4 classes para manipular os dados e funções da TerraLib, sendo elas: aRT, aRTdb, aRTlayer e aRTtheme. Objetos da classe aRT permitem conexão com DBMS para a realização de funções de administração de banco de dados. Uma vez criado, o objeto armazena uma conexão virtual, ou seja, todas as vezes que o acesso ao DB é requerido, o objeto se conecta, executa alguma tarefa e então se desconecta. Um objeto da classe aRTdb provê a criação e o acesso a um novo banco de dados e necessita que um objeto aRT seja criado (a conexão criada por esse objeto é passada como argumento para o construtor da classe). Os objetos de aRTdb mantêm todos os objetos de TerraLib necessários pelo aRT em memória. Se um objeto é removido do R, todos os seus filhos se tornam objetos inválidos quando o coletor de lixo do R remover este objeto da memória (ANDRADE NETO;CARRERO., 2005).

```

[7] "declividade_stm"      "STM"      "prop_stm_random"
[10] "cell60"               "drenagem100_stm"  "Uso_solo_STM"
[13] "Capoeira1"           "Capoeira2"      "Capoeira3"
[16] "Agua"                "Floresta"       "Agropecuaria"
[19] "Estrada1"            "Estrada1_120m"  "Estrada1_5km"
[22] "Estrada2_500m"
#Células
lcells=openLayer(db, "cell60")
tcells=openTable(lcells)
cells=getData(tcells)

```

Fonte: Processamentos do próprio autor.

A Figura 36 ilustra os comandos para execução das estatísticas histograma, correlação pareada e regressão linear multivariada no programa R, após o BD *MySQL* estar conectado.

Figura 36 – Linhas de comando para conexão ao BD MySQL

```

                                Histogram

> hist(cells[,"Capoeira1"])
> hist(cells[,"Capoeira2"])
> hist(cells[,"Capoeira3"])
> hist(cells[,"P2_STM"])
> hist(cells[,"C1_STM"])
> hist(cells[,"C2_STM"])
> hist(cells[,"P1_STM"])

                                Pearson's product-moment correlation

> cor.test (cells[,"C1_STM"], cells[,"Capoeira2"])
> cor.test (cells[,"C1_STM"], cells[,"Capoeira3"])
> cor.test (cells[,"C1_STM"], cells[,"Floresta1"])
> cor.test (cells[,"C1_STM"], cells[,"Agropec1"])

                                Multivariate linear regression

> regression <- step (lm(C1_STM ~ Capoeira1 + Capoeira2 + Capoeira3 + Agua1
+ Floresta1 + Agropec1 + Estradas1 + Drenagem100 + Degrad_07_09 +
Focos_07_10, data= cells), direction= "forward")

```

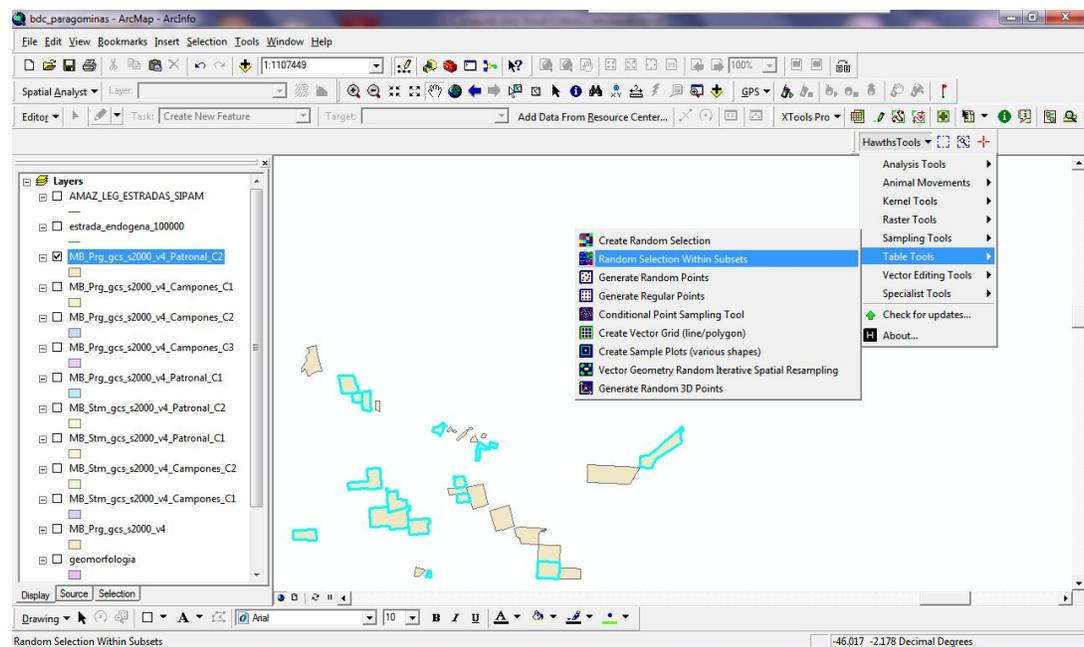
Fonte: Processamentos do próprio autor.

Do universo de estabelecimentos rurais especializados em cada região de estudo (Paragominas e Santarém/PA), metade delas foram utilizadas como dado de entrada do banco de dados celular com resolução espacial de 60x60 metros,

construído para aplicação de análises estatísticas, tais como histogramas, correlações pareadas e regressões lineares multivariadas entre as variáveis, verificando o poder de explicação das variáveis independentes (uso do solo via diferentes fontes de sensoriamento remoto) sobre as dependentes, que foram as nove combinações de grupos de produtos e os cinco tipos de trajetórias tecnológicas qualificadas.

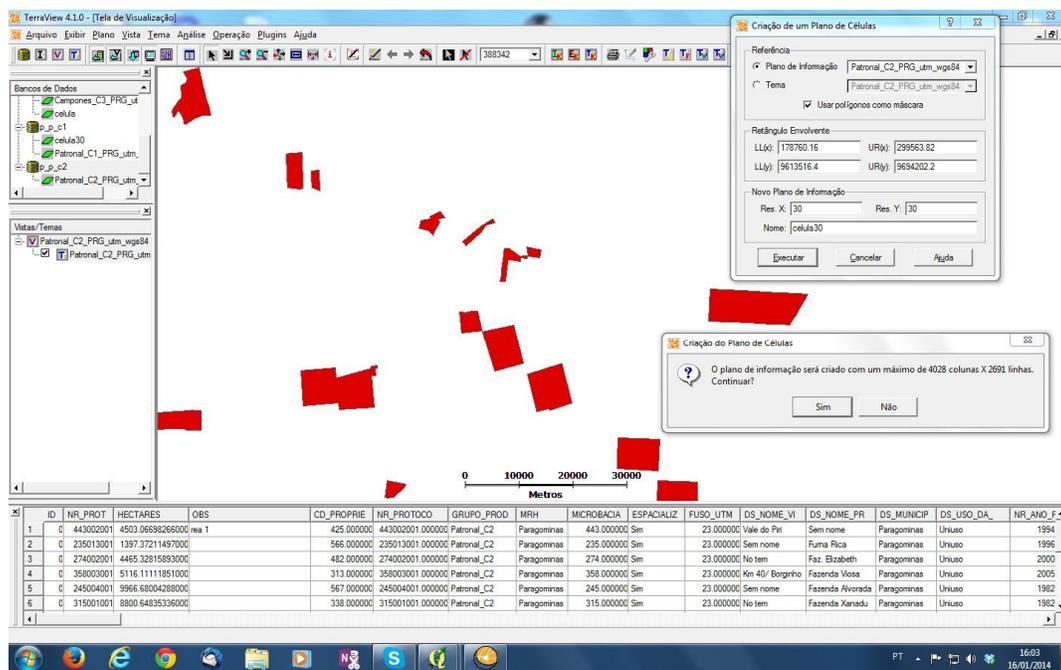
A seleção de 50% (cinquenta por cento) das amostras dos limites vetoriais de cada tipo de combinação de grupos de produtos e das trajetórias submetidas às estatísticas, foram efetuadas de formarándômica, utilizando a extensão *Hawth's Analysis* no *softwareArcGIS*, tal qual está ilustrado na Figura 37.

Figura 37– Seleção randômica das combinações de grupos de produtos no ArcGIS



Fonte: Processamentos do próprio autor.

A Figura 38 exemplifica o Banco de Dados *MySQL* no *softwareTerraview* 4.1.0 com os limites vetoriais dos estabelecimentos rurais selecionados aleatoriamente, que foram posteriormente estruturados em planos celulares de 60 m x 60 m.

Figura 38 – Procedimento de construção dos planos celulares no *Terraview* 4.1.0

Fonte: Processamentos do próprio autor.

As variáveis independentes com suas respectivas operações e categoria que foram incorporadas ao plano celular são listadas no quadro 8.

Quadro 8 – Variáveis independentes utilizadas no plano celular, com seus operadores e categorias

Categoria	Variável	Operador
Acessibilidade	Estrada principal (raio de 5 km)	Presença
	Drenagem	
Ambiental	Degradação acumulada (2007_2009)	Quantidade
	Focos de calor acumulados (2007_2010)	
	Uso do solo <i>isodata</i> (água, agropecuária, capoeira inicial, capoeira intermediária, capoeira avançada e floresta)	Classe majoritária / Presença
	Uso do solo <i>TerraClass</i> (hidrografia, agricultura anual, floresta, mosaico de ocupações, pasto limo, pasto sujo, regeneração com pasto e vegetação secundária)	
	Uso do solo PRODES (desflorestamento, floresta, não floresta e hidrografia)	
Uso do solo classificação integrada ²⁶ (água, culturas permanentes, culturas permanentes em formação, culturas temporárias, pousio de culturas temporárias, floresta inexplorada, manejo florestal, pasto degradado, pecuária predominantemente de corte, silvicultura e sistemas agro florestais)		

Fonte: Processamentos do próprio autor.

²⁶Essa classificação é apresentada no tópico 6.3.3.

Após a estruturação do Banco de Dados no *Terraview* 4.1.0, o *software* R 2.13.2 foi utilizado para efetuar análises estatísticas entre as variáveis, como o histograma de distribuição, correlação entre 2 variáveis e regressão linear multivariada, esta última aplicação deu-se no intuito de obter a equação de regressão que melhor expliquem a ocorrência das variáveis dependentes, a partir das variáveis independentes listadas na tabela 39.

Foram avaliados 4 tipos de dados de classificação de uso do solo oriundos do sensoriamento remoto, o primeiro foi proveniente da classificação isodata (6 classes), a segunda originada da classificação integrada do sensoriamento isodata com as áreas de produção (11 classes), ambas produzidas pelo autor desta tese. A terceira análise englobou os dados resultantes do programa *terra class* (9 classes) e a quarta do PRODES (4 classes), ambas disponibilizadas pelo INPE.

A tabela 42 apresenta as correlações de *Pearson*, também conhecida como coeficiente de correlação produto-momento, entre as variáveis dependentes (combinações de grupos de produtos e trajetórias tecnológicas) e as independentes (cobertura do solo *isodata*: água, capoeiras inicial, intermediária e avançada, agropecuária e floresta; degradação; focos de calor; estradas e drenagem). Seus valores variam entre -1 e +1, ressaltando que o sinal, se negativo ou positivo, apontam a direção da correlação e o valor da variável a sua força de correlação.

Tabela 42 – Valores da correlação de *Pearson* entre as variáveis dependentes e independentes geradas da integração “R” e *Terraview* (*isodata*)

Variáveis Dependentes - Combinação de Grupo de Prod. e Trajetórias Tecnológicas	Correlação de <i>Pearson</i>									
	Varáveis Independentes									
	Cobertura do solo						Acesso		Impacto ambiental	
	Água	Agropecuária	Capoeira inicial	Capoeira intermediária	Capoeira avançada	Floresta	Estradas	Drenagem	Focos de calor	Degradação
CamponêsC1_STM	-0,0279	0,0711	0,0708	0,1111	0,0410	-0,1164	0,0391	-0,0263	0,0000	-0,0044
CamponêsC2_STM	0,0063	0,0350	0,1305	0,0580	0,0750	-0,0712	-0,0066	0,0404	0,0068	-0,0059
Patronal_C1_STM	-0,0678	0,0415	-0,1068	-0,1139	-0,1272	0,0114	0,1807	-0,0401	-0,0084	0,0155
Patronal_C2_STM	0,0850	-0,1208	-0,0500	-0,0096	0,0372	0,1303	-0,2082	0,0273	0,0027	-0,0080
CamponêsC1_PRG	-0,0050	0,0245	0,0396	0,0044	-0,0063	-0,0197	-0,0328	-0,0040	0,0071	-0,0044
CamponêsC2_PRG	-0,0064	0,0637	0,0797	0,0320	0,0081	-0,0824	-0,0697	-0,0042	0,0223	-0,0090
CamponêsC3_PRG	0,0197	0,1117	0,0083	-0,0033	-0,0276	-0,0883	0,1032	-0,0043	0,0022	-0,0090
Patronal.C1_PRG	-0,0301	-0,1584	0,0496	-0,0425	0,0526	0,1056	-0,1616	-0,0212	0,0013	0,0058
Patronal.C2_PRG	0,0310	0,0975	-0,0833	0,0283	-0,0452	-0,0457	0,1609	0,0250	-0,0113	0,0005
Trajetória.T2_STM	-0,0140	0,0801	0,1618	0,1276	0,0930	-0,1430	0,0226	0,0153	0,0059	-0,0081
Trajetória.T7_STM	0,0146	-0,0775	-0,1668	-0,1270	-0,0941	0,1412	-0,0211	-0,0145	-0,0060	0,0081

Trajectoria.T3_PRG	0,0197	0,1117	0,0083	-0,0033	-0,0276	-0,0883	0,1032	-0,0043	0,0022	-0,0090
Trajectoria.T4_PRG	0,0039	-0,1152	-0,0780	-0,0261	0,0095	0,1139	0,0115	0,0100	-0,0215	0,0131
Trajectoria.T8_PRG	-0,0080	0,0682	0,0883	0,0319	0,0058	-0,0842	-0,0767	-0,0052	0,0235	-0,0099

Fonte: Processamentos do próprio autor.

A camponesa C1 santarena apresentou maior correlação com a capoeira intermediária (0,1111) e menor com a floresta (-0,1164); já a camponesa C2 também de Santarém teve correlação positiva com a capoeira inicial (0,1305). A patronal C1 dessa mesma região teve mais alta correlação com as estradas (0,1807) e menores correlação com os 3 estágios de capoeiras, enquanto que a patronal C2 santarena teve sua mais elevada correlação com a classe de floresta (0,1303) e correlação negativa com estradas (-0,2082) e agropecuária (-0,1208).

Em relação à trajetória tecnológica camponesa T2 santarena, as maiores correlações positivas foram com os 3 tipos de capoeiras (entre 0,093 e 0,162) e negativamente com a classe de floresta (-0,1430). Na outra trajetória encontrada em Santarém, a patronal T7 (0,1412), ocorreu o inverso da T2, a maior correlação positiva foi com a floresta, e as menores com os 3 tipos de capoeiras (entre -0,094 e -0,167).

Em Paragominas, as camponesas C1 e C2 não registraram correlação superiores a ± 0.10 com nenhuma das variáveis independentes, a camponesa C3 teve correlação positiva de 0,1117 com a classe agropecuária e 0,1032 com estradas. Nas patronais, a C1 de Paragominas teve correlação positiva com a floresta (0,1056) e as negativas com agropecuária (-0,1584) e estradas (-0,1616) e a C2 dessa mesma região teve a mais elevada correlação com as estradas (0,1609).

A trajetória tecnológica camponesa T3 apresentou os mesmos valores de correlação da combinação C3. A trajetória patronal T4 de Paragominas teve correlação positiva com a floresta (0,1139) e negativa com a agropecuária (-0,1152), e a camponesa T8 teve correlação positiva com agropecuária (0,0682) e capoeira inicial (0,0883) e negativa com a floresta (-0,0842).

Na tabela 43 são mostrados os coeficientes da regressão linear multivariada *stepwise backward*, tendo como variável explicativa as combinações de grupos de produtos e trajetórias tecnológicas, e também as variáveis independentes, ressaltando que o uso do solo foi o resultado da classificação de sensoriamento remoto *isodata*.

Tabela 43 – Coeficientes da regressão linear multivariada stepwise backward das variáveis dependentes e independentes geradas da integração “R” e Terraview (*isodata*)

Variáveis Dependentes - Comb. e Trajetórias Tecnológicas	Regressão Linear Multivariada Stepwise Backward											R ² ajustado
	Coeficientes											
	Constante	Cap1 (x1)	Cap2 (x2)	Cap3 (x3)	Água (x4)	Agrop. (x5)	Floresta (x6)	Estrada (x7)	Drenagem (x8)	Degrad (x9)	Focos (x10)	
Campones_C1_STM	0,1409	0,0123	0,0852	0,0285	-0,0435	Não signif.	-0,0667	0,0210	-0,0306	Não signif.	Não signif.	0,0244
Campones_C2_STM	0,2085	0,1297	Não signif.	0,0575	0,0369	-0,0241	-0,0605	-0,0125	0,0768	Não signif.	0,0897	0,0255
Patronal_C1_STM	0,3069	-0,1400	-0,0905	-0,0922	-0,2853	0,0772	0,0626	0,1817	-0,0625	Não signif.	-0,1262	0,0707
Patronal_C2_STM	0,3456	Não signif.	Não signif.	Não signif.	0,2928	-0,0517	0,0650	-0,1893	0,0207	-0,3716	Não signif.	0,0618
Campones_C1_PRG	0,0014	0,0061	Não signif.	Não signif.	Não signif.	0,0049	0,0012	-0,0063	-0,0018	-0,0036	0,0070	0,0038
Campones_C2_PRG	0,0381	0,0252	0,0444	0,0126	Não signif.	0,0200	-0,0203	-0,0443	-0,0050	-0,0206	0,0659	0,0212
Campones_C3_PRG	0,0033	Não signif.	Não signif.	-0,0012	0,0239	Não signif.	-0,0015	0,0247	-0,0027	-0,0057	Não signif.	0,0191
Patronal_C1_PRG	0,3631	0,0681	-0,2266	0,0172	-0,1075	-0,1201	Não signif.	-0,1512	-0,0558	-0,0300	Não signif.	0,0495
Patronal_C2_PRG	0,5939	-0,0970	0,1769	-0,0280	0,1013	0,0750	0,0207	0,1789	0,0671	0,0582	-0,0891	0,0422
Trajetória.T2	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16	Não signif.	6,67e-7	<2e-16	0,0054	Não signif.	0,0023	0,0868	0,0487
Trajetória.T3	0,0032	Não signif.	Não signif.	-0,0012	0,0232	0,0229	-0,0015	0,0247	Não signif.	Não signif.	Não signif.	0,0191
Trajetória.T4	0,9556	-0,0291	-0,0486	-0,0112	Não signif.	-0,0440	0,0222	0,0272	Não signif.	0,0290	-0,0771	0,0226
Trajetória.T7	0,6521	-0,1424	-0,0822	-0,0874	Não signif.	0,0252	0,1258	-0,0076	Não signif.	0,3832	-0,858	0,0482
Trajetória.T8	0,0392	0,0310	0,0455	0,0129	Não signif.	0,0249	-0,0192	-0,0504	Não signif.	-0,0239	0,073	0,0244

Fonte: Processamentos do próprio autor.

As equações para representação das combinações de grupos de produtos e trajetórias tecnológicas oriundas da regressão linear multivariada, utilizando o uso do solo da classificação *isodata* são apresentadas pelas Equações 6.16 a 6.28.

$$Z_{\text{trajetória campones C1 (PRG)}} = 0,0014 + 0,0061x_1 + 0,0049x_2 + 0,0012x_3 - 0,0063x_7 - 0,0018x_9 - 0,0036x_9 + 0,0038x_{10}$$

(Eq.6.16–Combinação de Grupo de Produtos Camponesa C1.PRg)

$$Z_{\text{trajetória campones C2 (PRG)}} = 0,0381 - 0,0012x_3 + 0,0200x_5 - 0,0203x_6 - 0,0443x_7 - 0,0050x_9 - 0,0206x_9 + 0,0659x_{10}$$

(Eq.6.17 – Combinação de Grupo de Produtos Camponesa C2.PRg)

$$Z_{\text{trajetória campones T8 (PRG)}} = 0,0392 + 0,0310x_1 + 0,0455x_2 + 0,0129x_3 + 0,0249x_5 - 0,0192x_6 - 0,0504x_7 - 0,0239x_9 + 0,073x_{10}$$

(Eq. 6.18 - Trajetória Tecnológica Camponesa T8.PRg)

$$Z_{\text{trajetória campones C3/T3 (PRG)}} = 0,0033 + 0,0061x_1 + 0,0239x_2 - 0,0015x_6 + 0,0247x_7 - 0,0027x_8 - 0,0057x_9$$

(Eq. 6.19 – Comb. de Grupo de Prod. Camp.C3 e Traj. Tecnol.Camp.T3.PRG)

$$Z_{\text{trajetória patronal C1 (PRG)}} = 0,3631 + 0,0601x_1 - 0,2266x_2 + 0,0172x_3 - 0,1075x_4 - 0,1201x_5 - 0,1512x_7 - 0,0558x_8 - 0,0300x_9$$

(Eq. 6.20 – Comb. de Grupo de Produtos Patronal C1.PRG)

$$Z_{\text{trajetória patronal C2 (PRG)}} = 0,5939 - 0,0970x_1 + 0,1769x_2 - 0,0280x_3 + 0,1013x_4 + 0,0750x_5 + 0,0207x_6 + 0,1789x_7 + 0,0671x_8 + 0,0582x_9 - 0,0891x_{10}$$

(Eq.6.21 – Trajetória Tecnológica Patronal C2.PRG)

$$Z_{\text{trajetória camponês T4 (PRG)}} = 0,9556 - 0,0291x_1 - 0,0486x_2 - 0,0112x_3 - 0,0440x_5 + 0,0222x_6 + 0,0272x_7 + 0,029x_9 - 0,0771x_{10}$$

(Eq. 6.22 - Trajetória Tecnológica Camponesa T4.PRG)

$$Z_{\text{trajetória camponês C1 (STM)}} = 0,1409 + 0,0123x_1 + 0,0852x_2 + 0,0285x_3 - 0,0435x_4 - 0,0667x_6 + 0,0210x_7 - 0,0306x_8$$

(Eq.6.23 – Trajetória camponesa C1.STM)

$$Z_{\text{trajetória camponês C2 (STM)}} = 0,2085 + 0,1297x_1 + 0,0575x_3 + 0,0369x_4 - 0,0241x_5 - 0,0605x_6 - 0,0125x_7 + 0,0768x_8 + 0,0897x_{10}$$

(Eq.6.24 – Trajetória camponesa C2.STM)

$$Z_{\text{trajetória camponês T2 (STM)}} = 0,0054x_7 + 0,0023x_9 + 0,0868x_{10}$$

(Eq.6.25 - Trajetória Tecnológica Camponesa T2.STM)

$$Z_{\text{trajetória patronal C1 (STM)}} = 0,3069 - 0,1400x_1 - 0,0905x_2 - 0,0922x_3 - 0,2853x_4 + 0,0772x_5 + 0,0626x_6 + 0,1817x_7 - 0,0625x_8 - 0,1262x_{10}$$

(Eq.6.26 – Trajetória patronal C1.STM)

$$Z_{\text{trajetória patronal C2 (STM)}} = 0,3456 + 0,2928x_4 - 0,0517x_5 + 0,0650x_6 - 0,1893x_7 + 0,0207x_8 - 0,3716x_9$$

(Eq.6.27 – Trajetória patronal C2.STM)

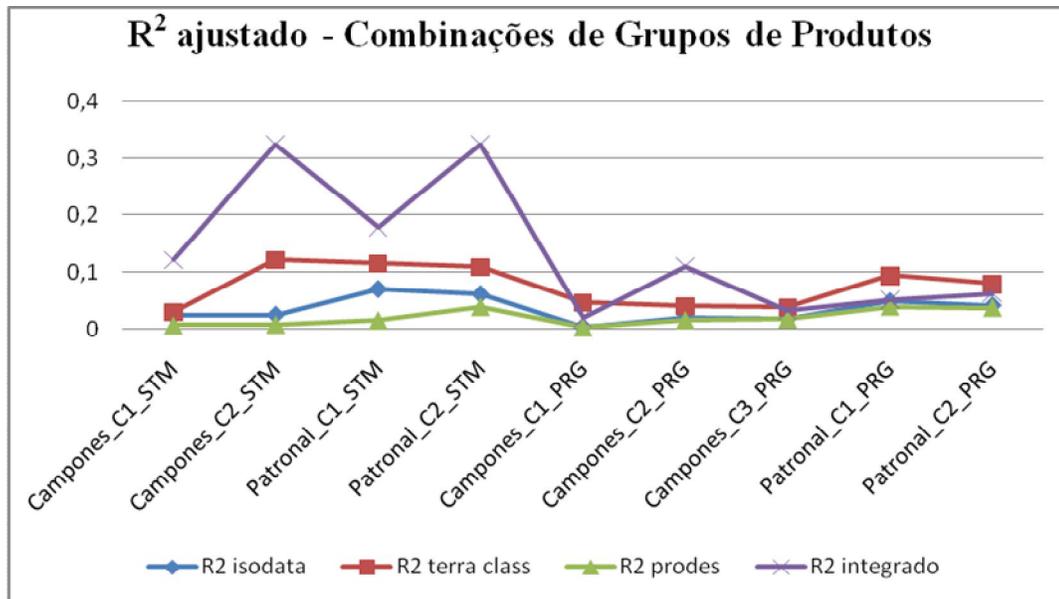
$$Z_{\text{trajetória camponês T7 (STM)}} = 0,06521 - 0,1424x_1 - 0,0822x_2 - 0,0874x_3 + 0,0252x_5 + 0,1258x_6 - 0,0076x_7 + 0,3832x_9 - 0,858x_{10}$$

(Eq.6.28 - Trajetória Tecnológica Camponesa T7.STM)

A representação das equações oriundas da regressão linear multivariada para as combinações de grupos de produtos e trajetórias tecnológicas utilizando as variáveis independentes das classes de uso do solo *TerraClass*, PRODES e classificação integrada seguem a mesma sistemática das apresentadas nas equações 6.16 a 6.28, ademais o grau de ajustamento das regressões lineares multivariadas (R^2 ajustado) são

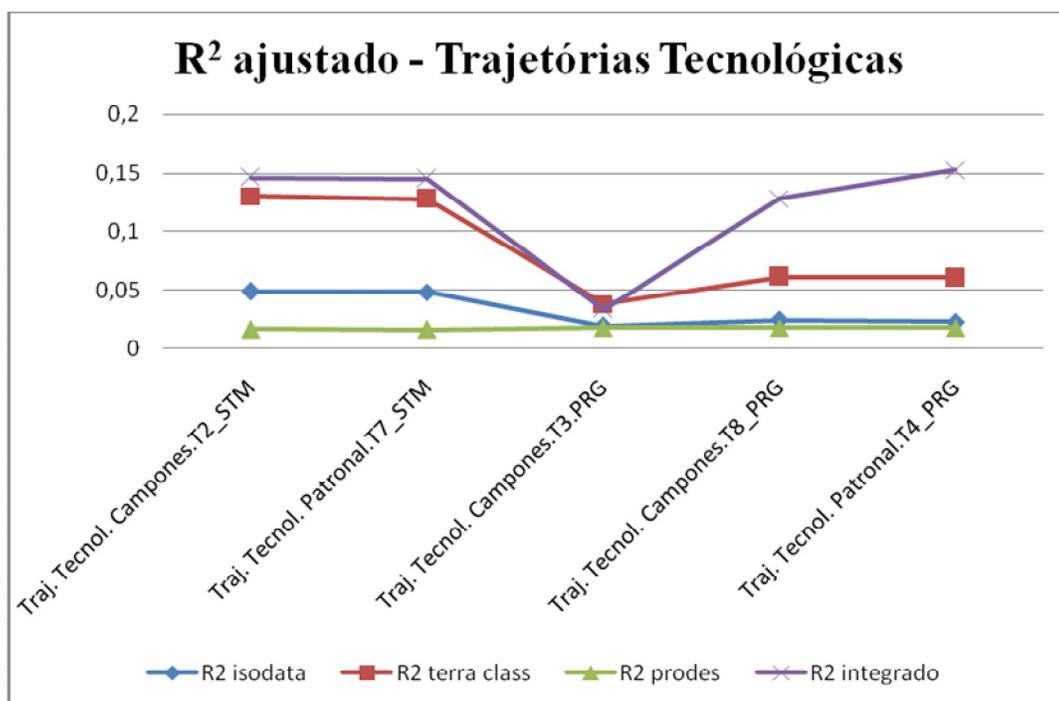
apresentados pelos Gráficos 24 e 25, para todas as 4 variáveis independentes ambientais, provenientes do sensoriamento remoto.

Gráfico 24 – R^2 ajustado da regressão linear multivariada (Comb. Grupo de Produtos)



Fonte: Processamentos do próprio autor.

Gráfico 25 – R^2 ajustado da regressão linear multivariada (Trajetórias Tecnológicas)



Fonte: Processamentos do próprio autor.

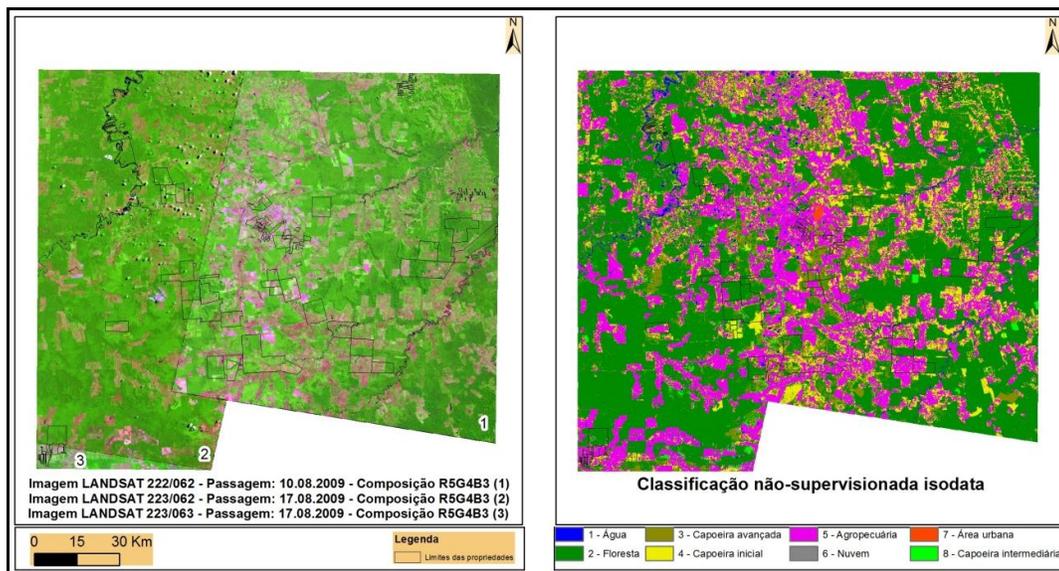
A análise desses valores que sintetizam o poder de explicação das equações infere que, dentre os 4 tipos de insumos de classificação via sensoriamento remoto utilizados, aquele oriundo da classificação integrada apresentou o melhor resultado, seguido pelo *TerraClass*, *isodata*, e por último os dados do PRODES. Os melhores resultados foram encontrados nas combinações e trajetórias da região de Santarém.

6.4.2 Métricas de paisagem com SIG

Cotejados com a imagem resultante da classificação *isodata* das 479 propriedades rurais entrevistadas, que foram qualificadas de acordo com as suas respectivas combinações de grupos de produtos e trajetórias tecnológicas prevalentes, foram aplicados recursos de métricas de paisagem em ambiente de SIG para encontrar arranjos espaciais com determinadas feições que possam ser relacionadas ao que se busca explicar a partir do ferramental geotecnológico. O *Fragstats 4.1* (MCGARICAL; ENE, 2012) foi utilizado para a geração dessas métricas.

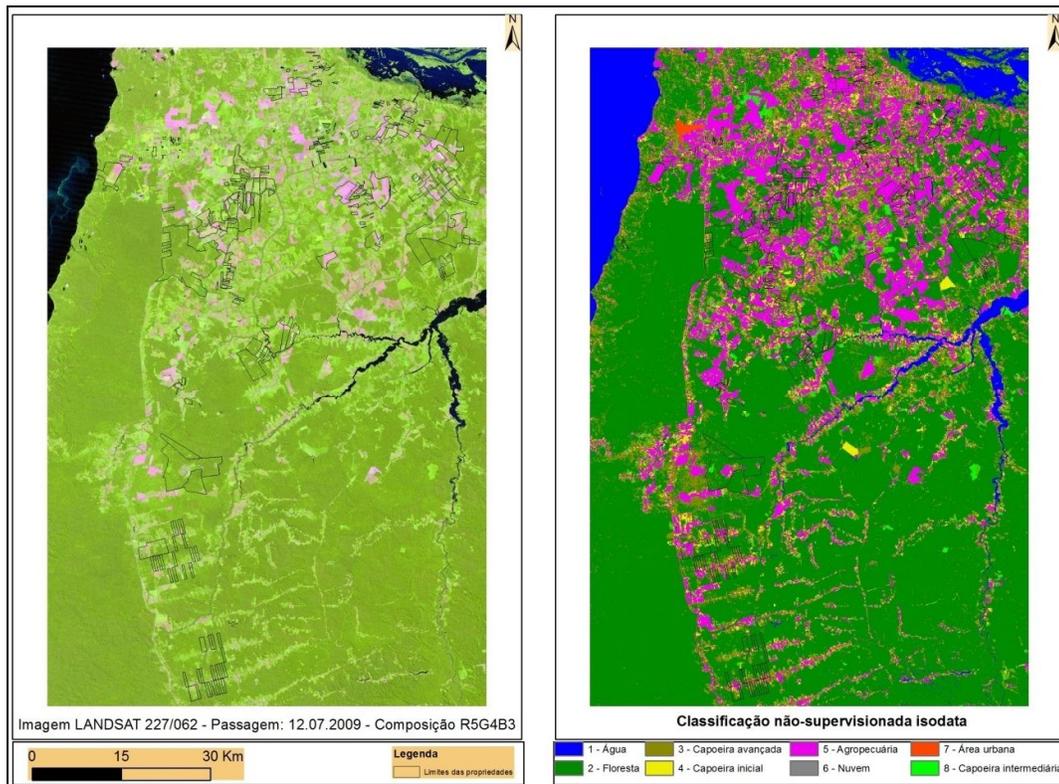
As Figuras 39 e 40 retratam a imagem de satélite e o resultado da classificação via sensoriamento remoto para as regiões de Paragominas e Santarém, respectivamente.

Figura 39 – Imagens de satélite e classificação *isodata* da região de Paragominas/PA



Fonte: Processamentos do próprio autor.

Figura 40 – Imagens de satélite e classificação isodata da região de Santarém/PA



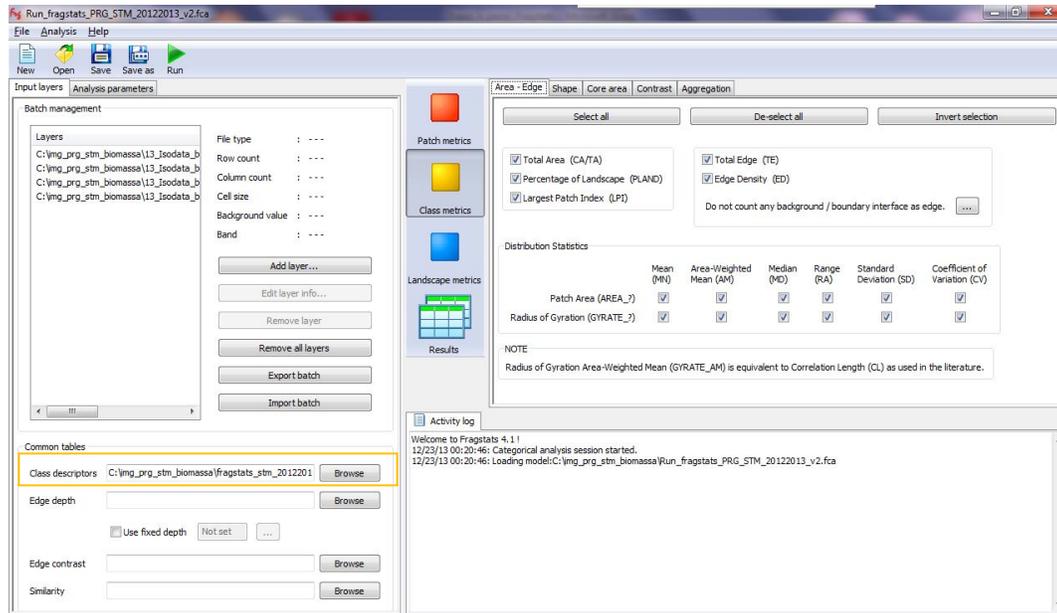
Fonte: Processamentos do próprio autor.

Na Figura 41 tem-se o ambiente do *software*, no qual foram processadas as métricas. Nesta tela, adicionaram-se os resultados da classificação *isodata* convertidos para o formato *.bil (*ESRI header labelled grid*) e a tabela de descrição de classes (*class descriptors*), na qual os temas água, nuvem e área urbana foram definidos como “*background*” e não entraram no processamento.

São apresentadas as principais funções do programa, e a cada “*layer*” selecionado é exibido o formato do arquivo, número de linhas e colunas, tamanho da célula, valor de “*background*” e seu número de bandas. Ainda nesta mesma tela, selecionaram-se os tipos de métricas baseados em área, formato, agregação e diversidade. No canto inferior direito, aparece a função “*activity log*”, que registra todos os comandos executados.

Na aba “*analysis parameters*” foi definida como regra de vizinhança o valor de 8 células e os 3 níveis de estrutura de análise, que são as escalas de manchas, classes e paisagem.

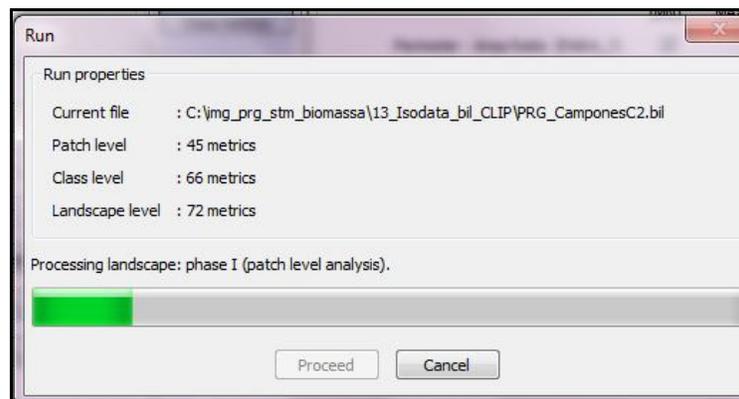
Figura 41 – Ambiente do Fragstats 4.1 (aba de camadas de entrada do dado)



Fonte: Processamentos do próprio autor.

A Figura 42 retrata o estágio de processamento das métricas selecionadas de umas das combinações da área de estudo. Foram geradas 45 métricas ao nível de manchas, 66 métricas na escala das classes e 72 métricas ao nível de toda a paisagem.

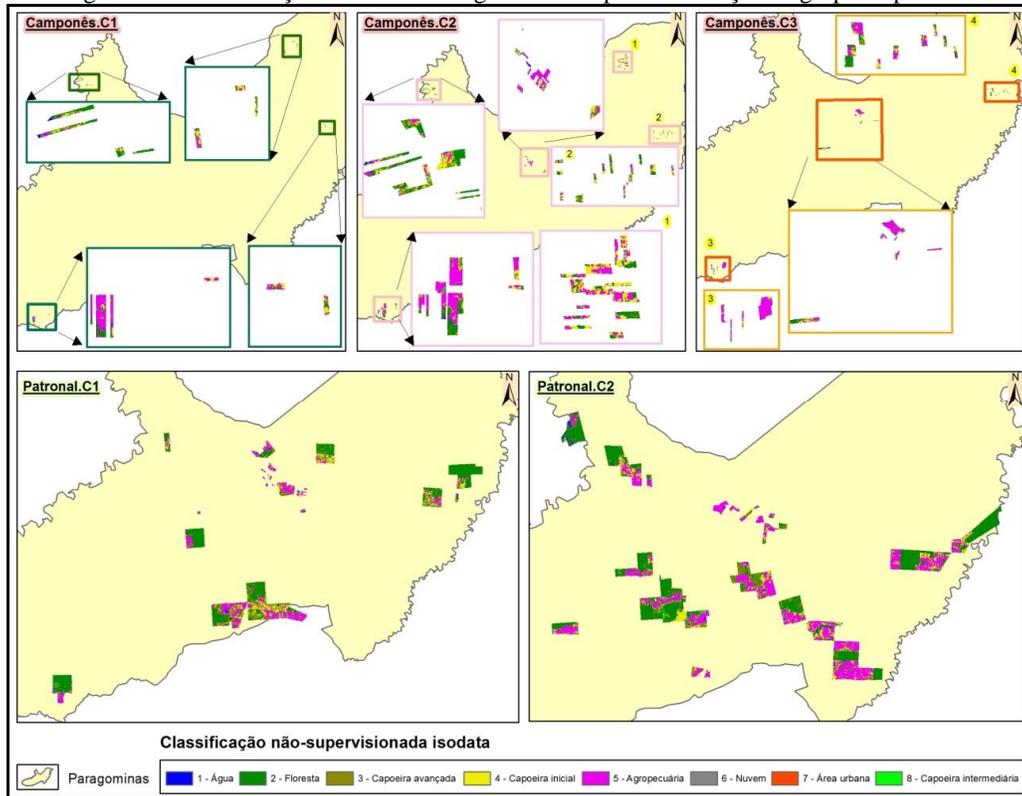
Figura 42 – Aba de processamento para geração das métricas no Fragstats



Fonte: Processamentos do próprio autor.

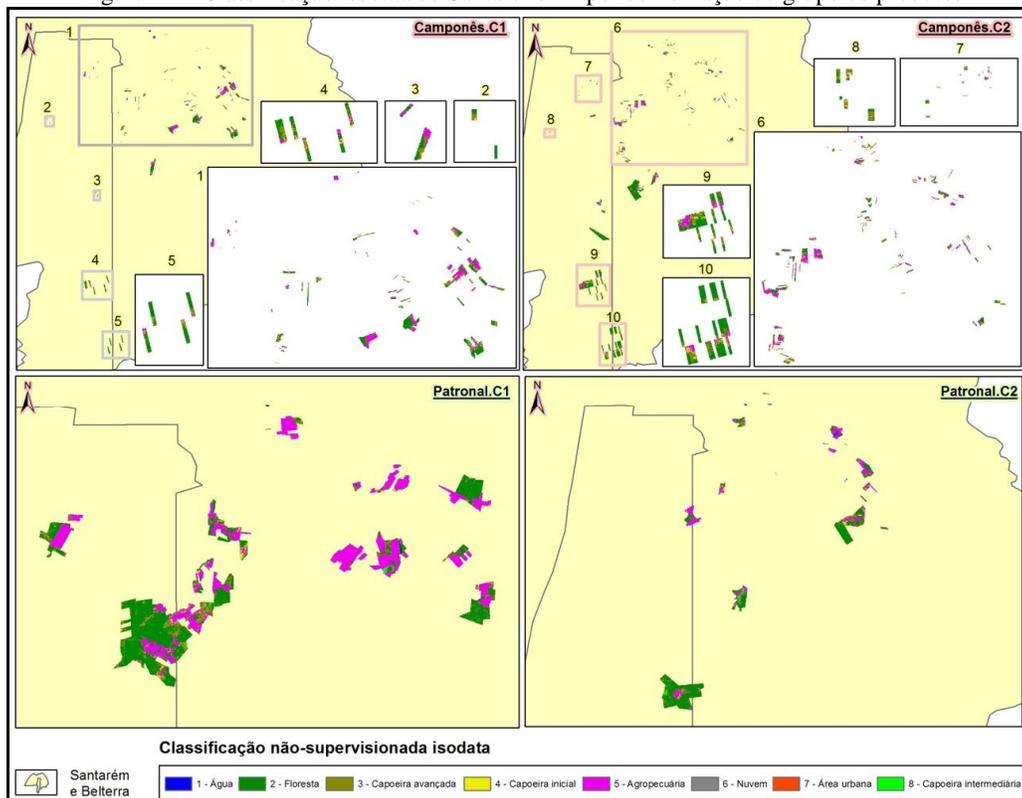
As Figuras 43 (Paragominas) e 44 (Santarém) representam espacialmente o mapeamento temático gerado pela classificação não supervisionada *isodata*, classificado por combinações de grupos de produtos, que foram submetidas à execução de métricas de paisagem no *Fragstats* 4.1, e alguns dos resultados destes processamentos foram aqui apresentados e discutidos.

Figura 43 – Classificação isodata de Paragominas/PA por combinação de grupo de produtos



Fonte: Processamentos do próprio autor.

Figura 44 – Classificação isodata de Santarém/Belterra/PA por combinação de grupo de produtos



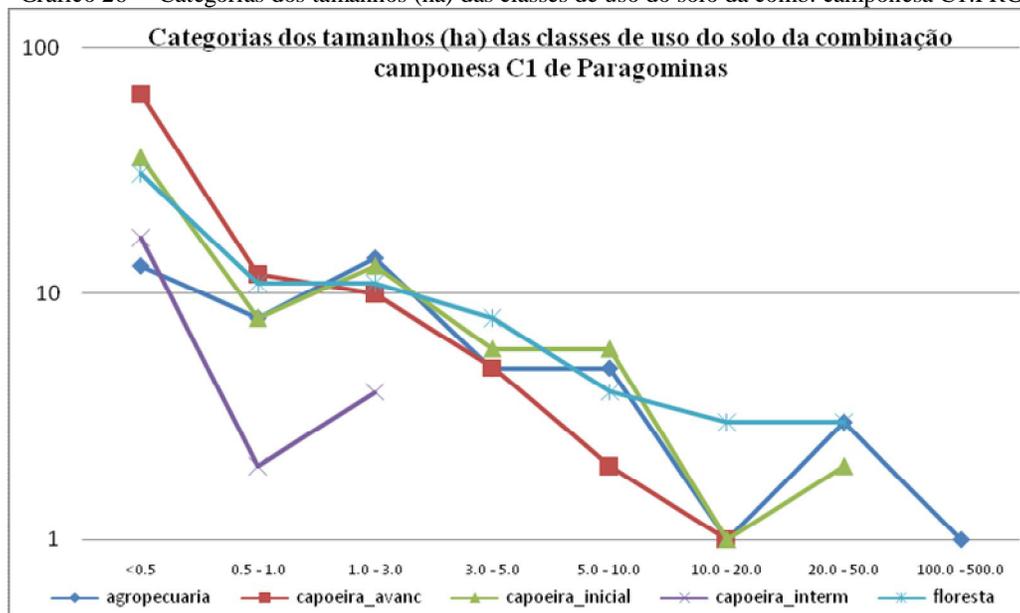
Fonte: Processamentos do próprio autor.

Para Lang; Blaschke (2009) existe um potencial do ponto de vista do usuário de uma imensa quantidade de métricas disponíveis, porém esse grande volume certamente também é um dos motivos para que a sua utilização seja limitada, e, dessa forma este trabalho não se propõe a analisar todos os 183 diferentes tipos de indicadores de estrutura da paisagem gerados para as combinações de grupos de produtos processadas no *Fragstats*. Dessa forma, alicerçado por revisão bibliográfica e pela experiência empírica do próprio autor na região de estudo, a análise quantitativa da estrutura da paisagem dos resultados encontrados foram discutidas na sequência deste subcapítulo nos níveis de manchas, classes e da paisagem, comparando-se os diferentes tipos de combinações de grupos de produtos e das trajetórias tecnológicas, inerentes às modalidades camponesas e patronais nas regiões investigadas.

6.4.2.1 Métricas das Combinações de Grupos de Produtos e das Trajetórias Tecnológicas.

O indicador de área foi abordado ao nível de manchas, que é o mais elementar, e foram agrupadas 11 categorias de tamanho, que são: fragmentos menores que 0,5 ha, entre 0,5 – 1, entre 1 – 3, 3 – 5, de 5 a 10, 10 – 20, 20 – 50, entre 50 e 100, de 100 a 500, 500 – 1.000 e maior que 1.000 ha. Para cada tipo de combinação de grupos de produtos foram gerados gráficos das classes: agropecuária, capoeira inicial, capoeira intermediária, capoeira avançada e floresta, mostrados nos Gráficos 26 e 27.

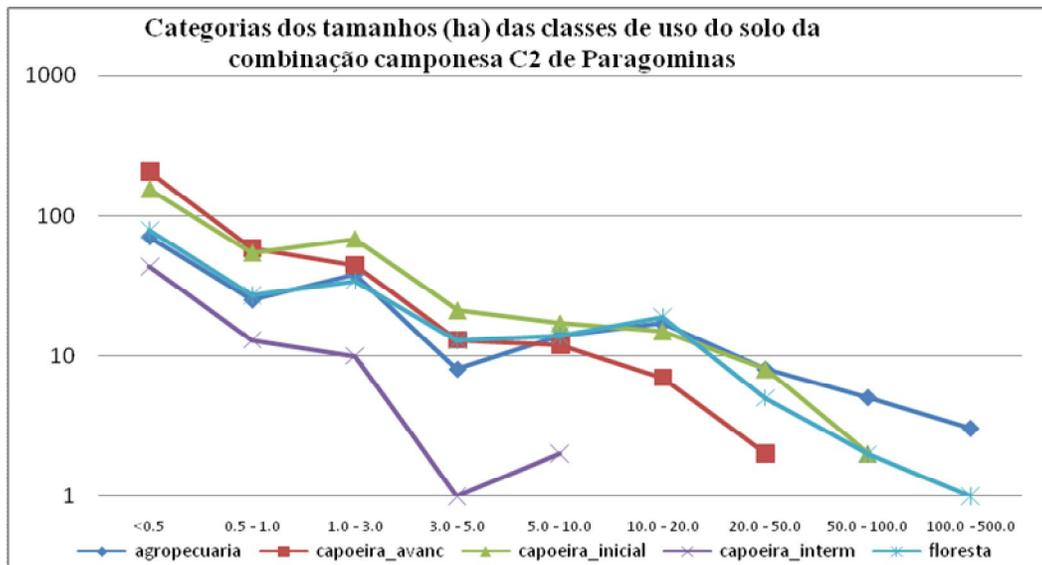
Gráfico 26 – Categorias dos tamanhos (ha) das classes de uso do solo da comb. camponesa C1.PRG



Fonte: Processamentos do próprio autor.

Apesar da menor média de área da propriedade na C1 camponesa de Paragominas (60,99 ha), a classe agropecuária registrou a presença de uma mancha entre 100 – 500 ha.

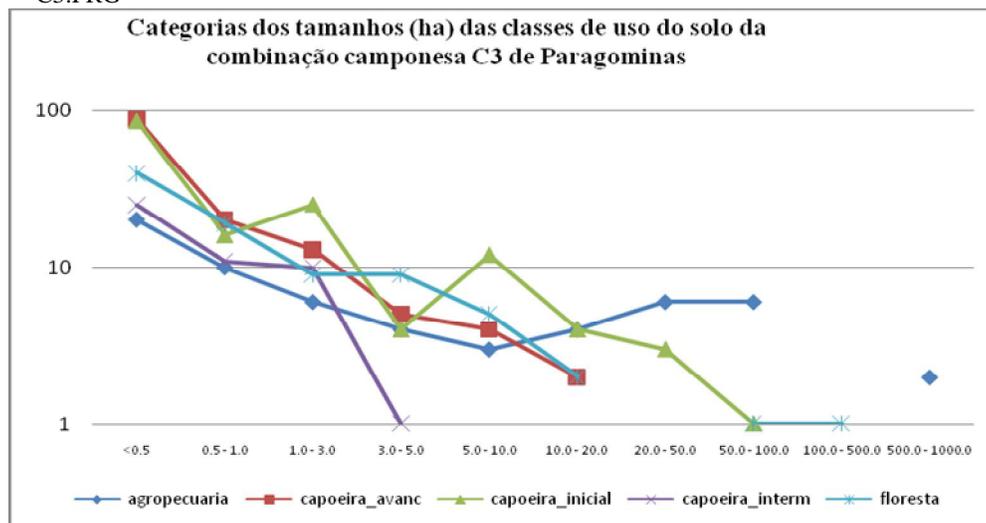
Gráfico 27 – Categorias dos tamanhos (ha) das classes de uso do solo da comb. camponesa C2.PRG



Fonte: Processamentos do próprio autor.

Na camponesa C2, a agropecuária e floresta apresentaram as maiores manchas com tamanho entre 100 e 500 hectares. Na categoria de 50 a 100 hectares, a agropecuária obteve 5 manchas, e a capoeira inicial e floresta obtiveram 2 manchas cada.

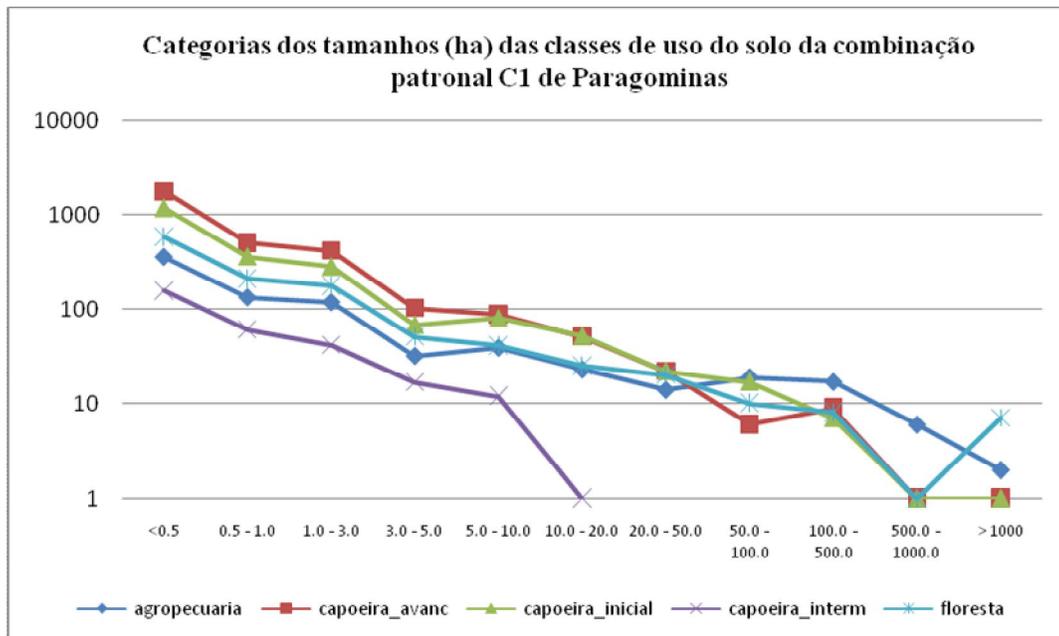
Gráfico - 28 – Categorias dos tamanhos (ha) das classes de uso do solo da combinação camponesa C3.PRG



Fonte: Processamentos do próprio autor.

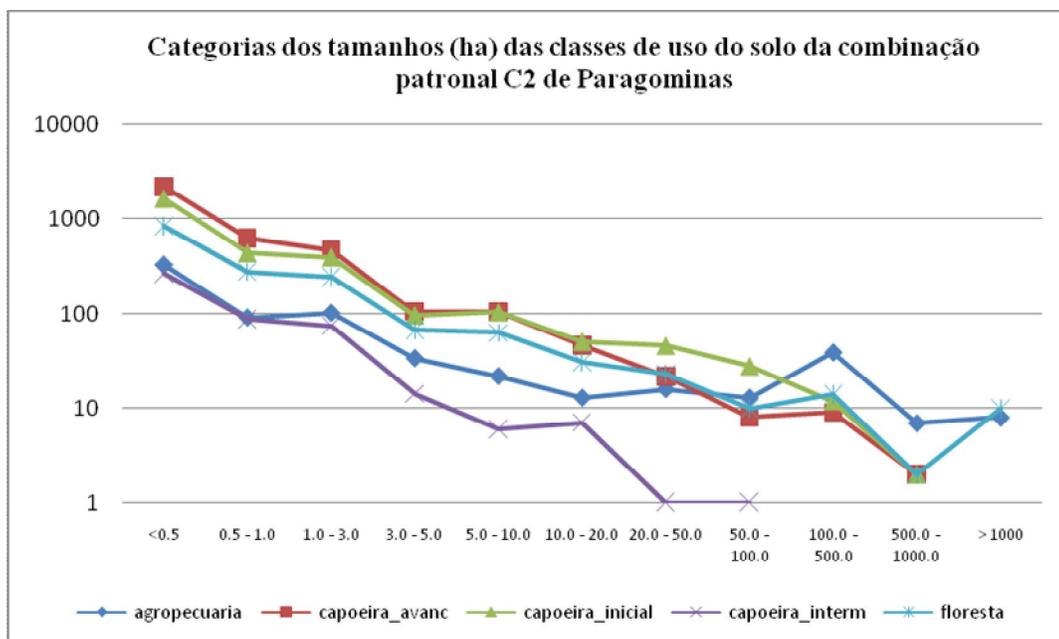
Na C3 camponesa de Paragominas, a que possui maior representatividade de pecuária, registrou-se uma mancha agropecuária de 500 a 1.000 hectares. A classe de floresta obteve um fragmento na faixa de 100 a 500 hectares.

Gráfico 29 – Categorias dos tamanhos (ha) das classes de uso do solo da combinação patronal C1.PRG



Fonte: Processamentos do próprio autor.

Gráfico 30 – Categorias dos tamanhos (ha) das classes de uso do solo da combinação patronal C2.PRG



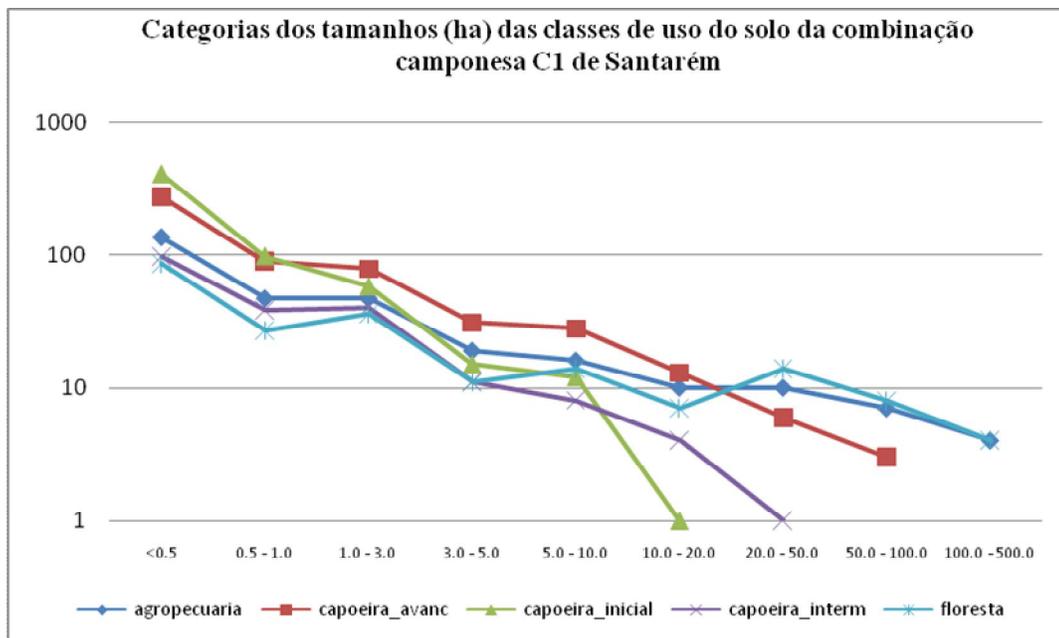
Fonte: Processamentos do próprio autor.

A patronal C1 de Paragominas com menor média de área que a patronal C2 apresentou 4 classes (agropecuária, floresta, capoeira inicial e avançada) com tamanhos de manchas superiores a 1.000 ha, totalizando 11 *patches*, enquanto esta última registrou 2 classes com mais de 1.000 ha, mas no total foram 18 manchas nesta categoria, apesar de menor diversidade.

Nos estabelecimentos camponeses e patronais de Paragominas, as capoeiras avançada e inicial registraram a maior quantidade de manchas menores que 0,5 ha, e as capoeiras intermediárias, de modo geral, tiveram pouca participação nas combinações, alcançando apenas na combinação patronal C2 uma mancha com tamanho entre 20 – 50 ha e outra entre 50 - 100 ha.

Os gráficos 31 a 34 apontam os valores de área encontrados na região de Santarém.

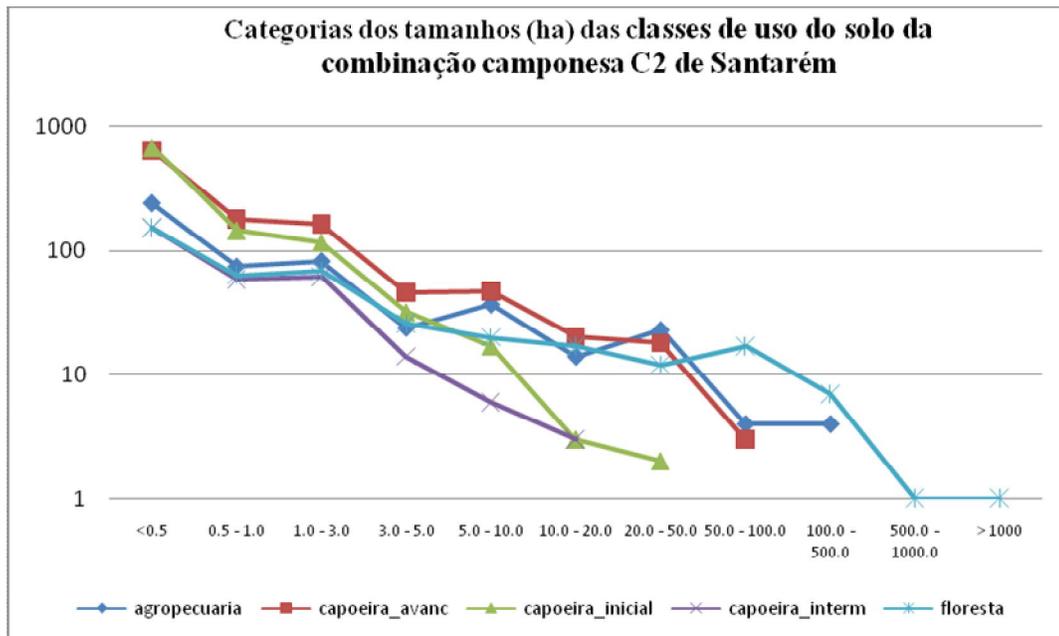
Gráfico 31 – Categorias dos tamanhos (ha) das classes de uso do solo da combinação camponesa C1.STM



Fonte: Processamentos do próprio autor.

A camponesa C1 santarena apresentou 8 manchas com tamanho entre 100 e 500 hectares, distribuídas igualmente entre floresta e agropecuária. O tamanho máximo da classe capoeira intermediária variou entre 20 e 50 hectares com apenas 1 exemplar, e a capoeira avançada alcançou tamanho máximo entre 50 e 100 ha com 3 manchas registradas.

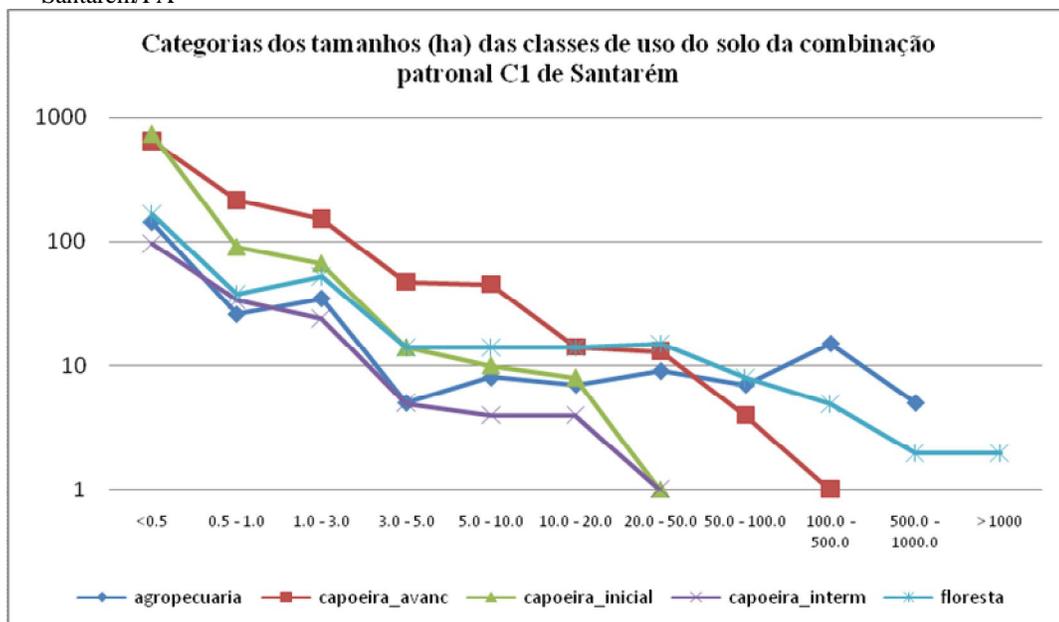
Gráfico 32 – Categorias dos tamanhos (ha) das classes de uso do solo da combinação camp. C2.STM



Fonte: Processamentos do próprio autor.

A C2 camponesa de Santarém com tamanho médio de 59,26 hectares apresentou 1 mancha com tamanho superior a 1.000 ha e outro variando entre 500 e 1.000 ha na classe de floresta. Na categoria de 100 a 500 ha, registraram-se 7 manchas de floresta e 4 de agropecuária.

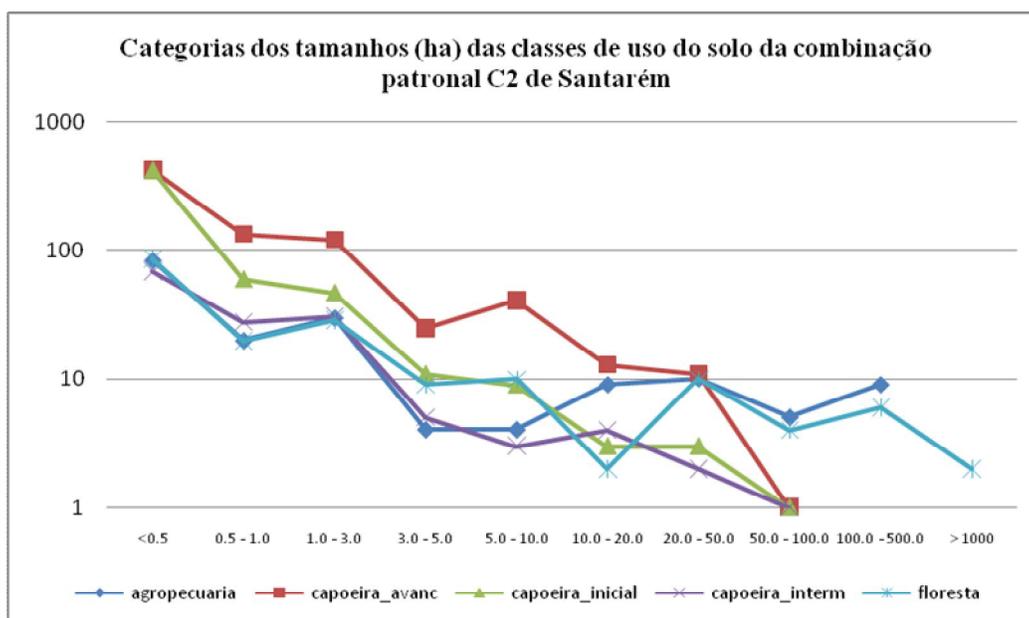
Gráfico 33 – Categorias dos tamanhos (ha) das classes de uso do solo da combinação patronal C1 de Santarém/PA



Fonte: Processamentos do próprio autor.

A patronal C1 santarena foi a única dessa região com tamanho médio por propriedade maior do que 1.000 ha, e os maiores tamanhos de manchas encontrados foram da classe floresta com 2 fragmentos. Na categoria de 500 a 1.000 ha, registraram-se as classes agropecuária com 5 unidades e a floresta com mais 2, enquanto que na faixa de 100 a 500 hectares foram registradas 3 classes (agropecuária, floresta e capoeira avançada), totalizando 21 manchas.

Gráfico 34 - Categorias dos tamanhos (ha) das classes de uso do solo da comb.patronal C2 de Santarém/PA



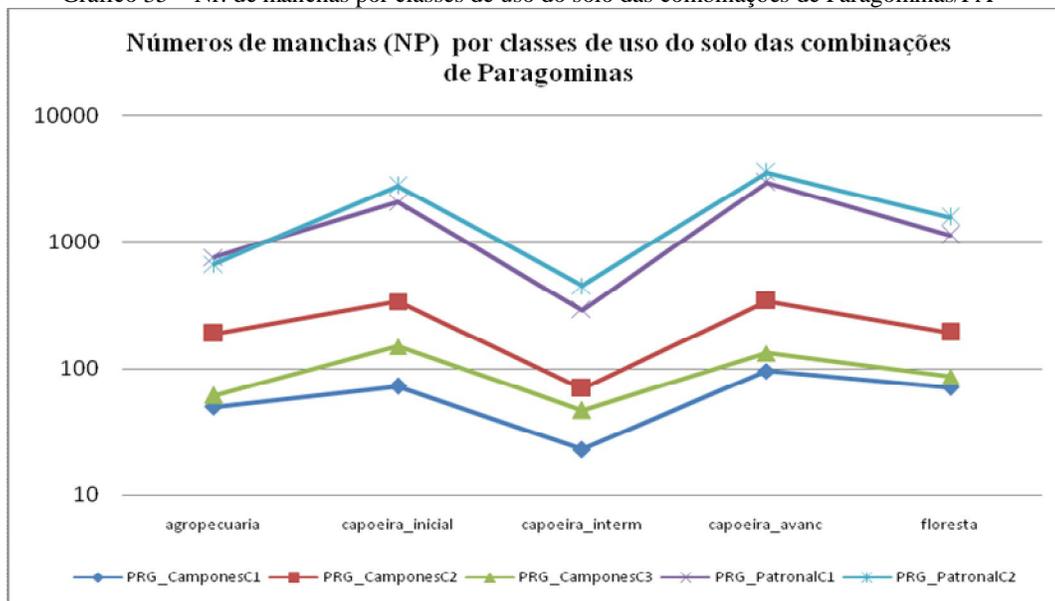
Fonte: Processamentos do próprio autor.

A patronal C2 santarena apresentou tamanho médio de área com cerca de 500 hectares, e a classe de florestas foi a única com manchas maiores do que 1.000 ha (2 fragmentos). Na faixa de tamanho que variou de 100 a 500 ha foram obtidos 15 exemplares, com 9 de floresta e 6 agropecuários. A partir dos tamanhos de manchas iguais ou menores que os das categorias 50 a 100 hectares, houve registro de pelo menos 1 exemplar em todas as classes de uso do solo geradas.

Em Santarém, as 2 classes com maiores quantidades de pequenos fragmentos foram as mesmas encontradas para Paragominas, apenas com uma diferença na ordem entre elas, onde na primeira prevaleceu a capoeira inicial, sendo seguida pela avançada.

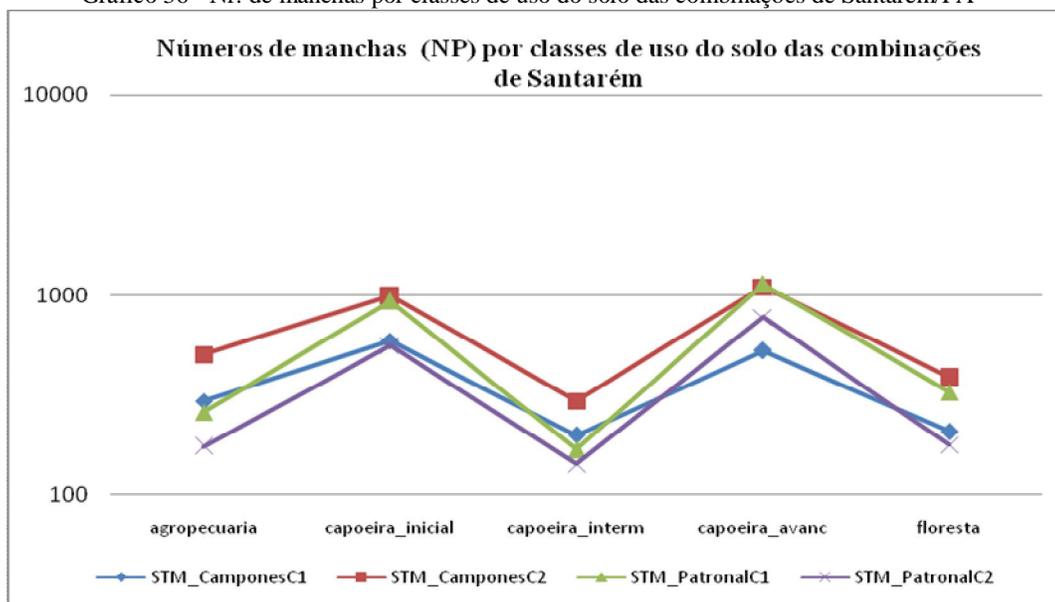
Número de manchas (*number of patches*) – NP, densidade de bordas (*edge density*) – ED e índice de maior tamanho de mancha (*largest patch index*) - LPI foram analisadas considerando o nível de estrutura de classes intermediário (escala das classes). Nos gráficos 35 (Paragominas) e 36 (Santarém) têm-se o resultado encontrado para o número de manchas (NP), e que segundo Lang; Blaschke (2009) indicam o predomínio de determinadas estruturas na matriz sobre outras.

Gráfico 35 – Nr. de manchas por classes de uso do solo das combinações de Paragominas/PA



Fonte: Processamentos do próprio autor.

Gráfico 36 - Nr. de manchas por classes de uso do solo das combinações de Santarém/PA

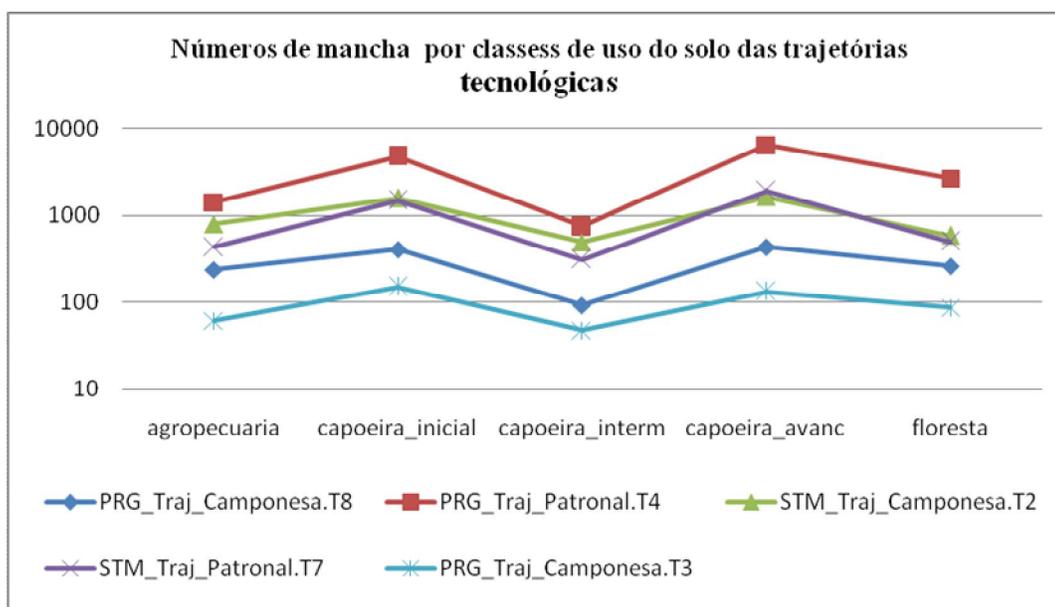


Fonte: Processamentos do próprio autor.

Este indicador medido nas regiões de Paragominas e Santarém apresentou uma linha de tendência similar para ambas, apenas com uma maior proximidade dos valores entre os diferentes tipos de classes em Santarém. No âmbito específico dos valores encontrados em Paragominas, a agropecuária exibiu menores números de manchas nos estabelecimentos camponeses C1 e C3, enquanto que em Santarém esta classe teve seu menor valor nas patronais C1 e C2. As patronais C1 e C2 de Paragominas foram as únicas combinações que ultrapassaram 1.100 manchas na classe floresta, 2.900 na capoeira intermediária e NP superior a 2.000 nas capoeiras em estágios iniciais, o que por si só não permite maiores inferências por se tratar de uma medida simples da extensão da subdivisão existente na paisagem, entretanto a abundância de manchas está ligado a importantes processos ecológicos, ressaltando que a regra para vizinhança foi definida em 8 células.

O gráfico 37 representa o indicador NP para as trajetórias tecnológicas.

Gráfico 37 – Nr. de manchas por classes de uso do solo das trajetórias tecnológicas



Fonte: Processamentos do próprio autor.

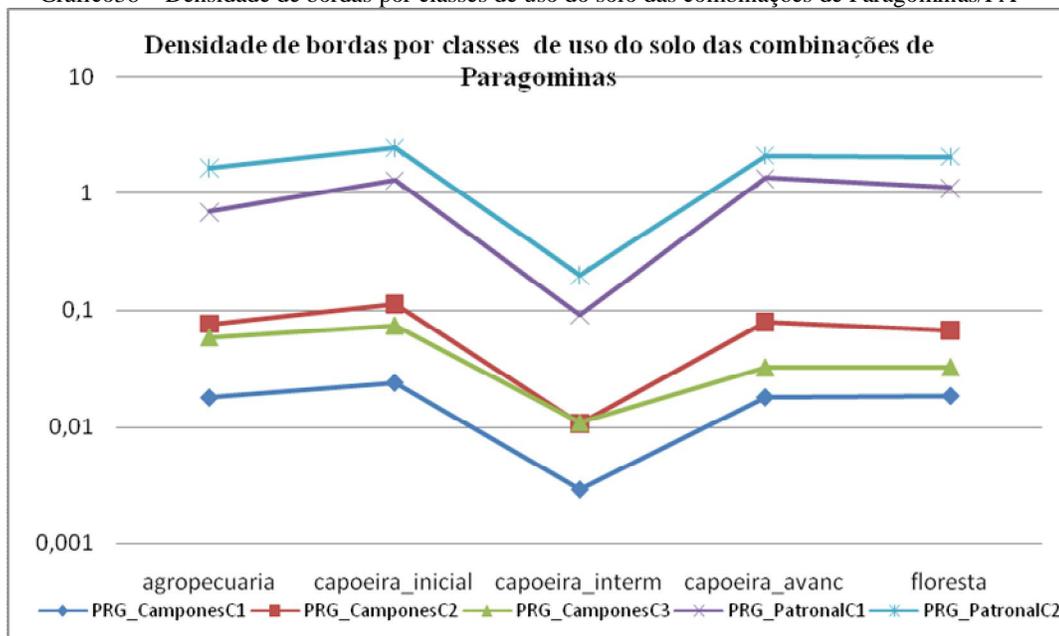
Ao se consolidar o número de manchas por trajetórias, a trajetória patronal T4 ultrapassa 16.000 fragmentos, alcançando quase 60% do total, seguido pelas trajetórias camponesa T2 e patronal T7, ambas com cerca de 5.000 manchas.

A densidade de bordas é uma métrica cujo aumento pode significar um alto grau de endentação e complexidade, e que é visto positivamente do ponto de vista da

riqueza de estruturas (LANG; BLASCHKE, 2009). Este índice, cuja unidade de medida é expressa em metros por hectare, equivale à soma do comprimento (m) de todas as bordas das manchas, divididas pela área total da paisagem, multiplicada por 10.000 (conversão de m² para hectares).

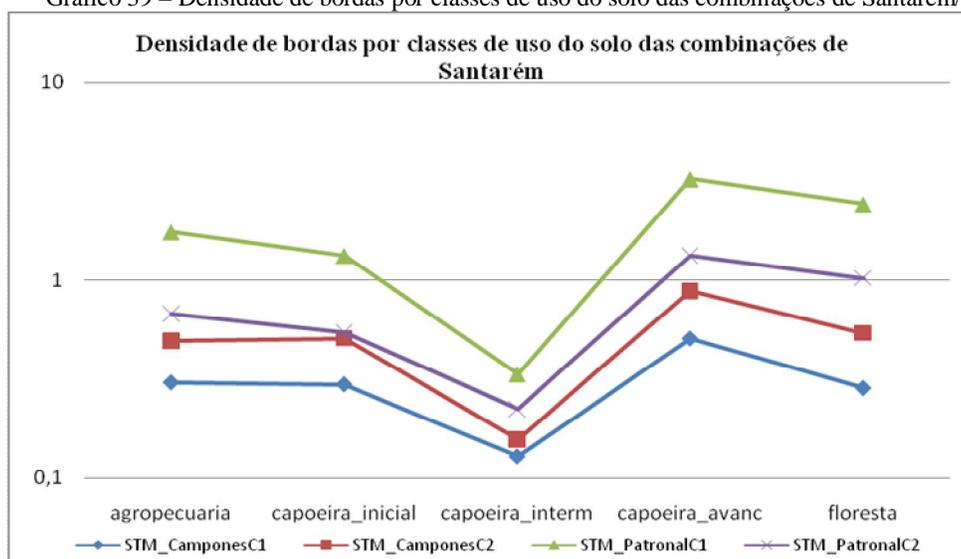
Os Gráficos 38 e 39 ilustram esses indicadores nas regiões de Paragominas e Santarém, respectivamente.

Gráfico38 – Densidade de bordas por classes de uso do solo das combinações de Paragominas/PA



Fonte: Processamentos do próprio autor.

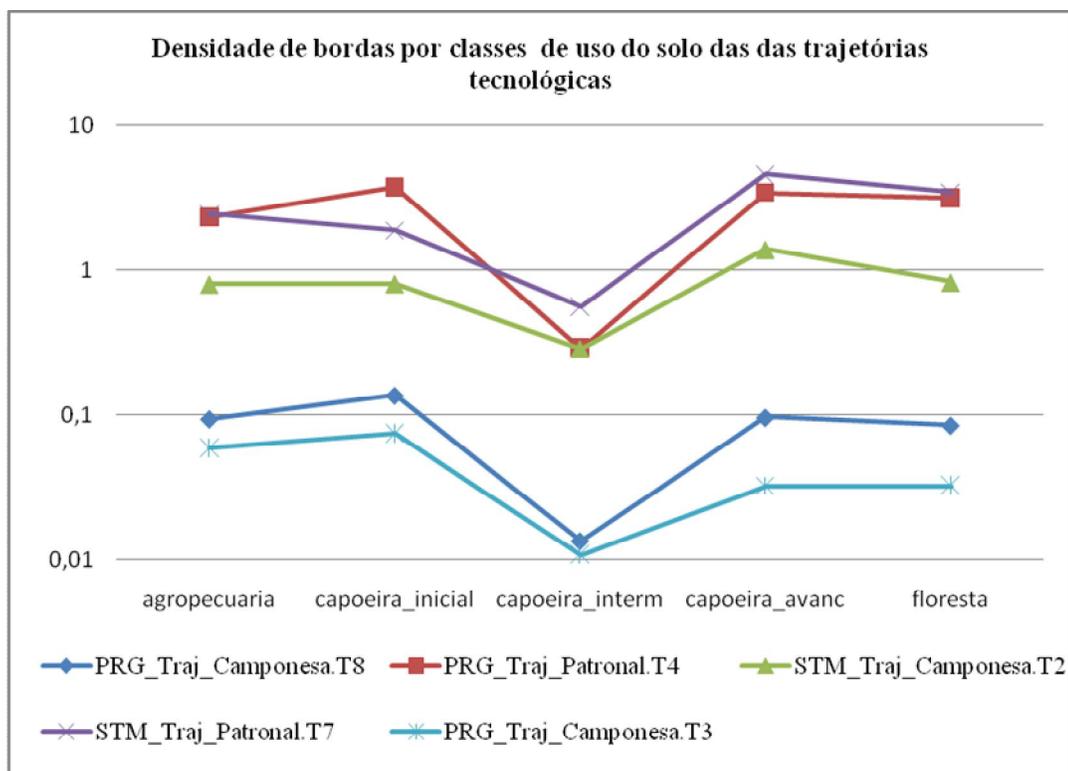
Gráfico 39 – Densidade de bordas por classes de uso do solo das combinações de Santarém/PA



Fonte: Processamentos do próprio autor.

Os resultados apresentados apontam para comportamentos similares nas duas regiões de estudo, onde os camponeses apresentaram densidades menores do que os patronais, atentando que em Paragominas, a densidade dos primeiros é ainda menor, inferindo a existência de paisagens mais simples. Os patronais C1 santarenos e C1 e C2 de Paragominas com tamanho médio de área superior a 1.000 hectares exibiram valores que indicam maior riqueza de estruturas. As classes: agropecuária, capoeira inicial e intermediária pertencentes às propriedades patronais C2 de Santarém têm comportamento similares às propriedades camponesas com baixa complexidade, enquanto que a capoeira avançada e a floresta desta mesma combinação possuem densidades de borda bastante elevados. No gráfico 40, este índice é consolidado pelas trajetórias tecnológicas qualificadas.

Gráfico 40 – Densidade de bordas por classes de uso do solo das trajetórias tecnológicas

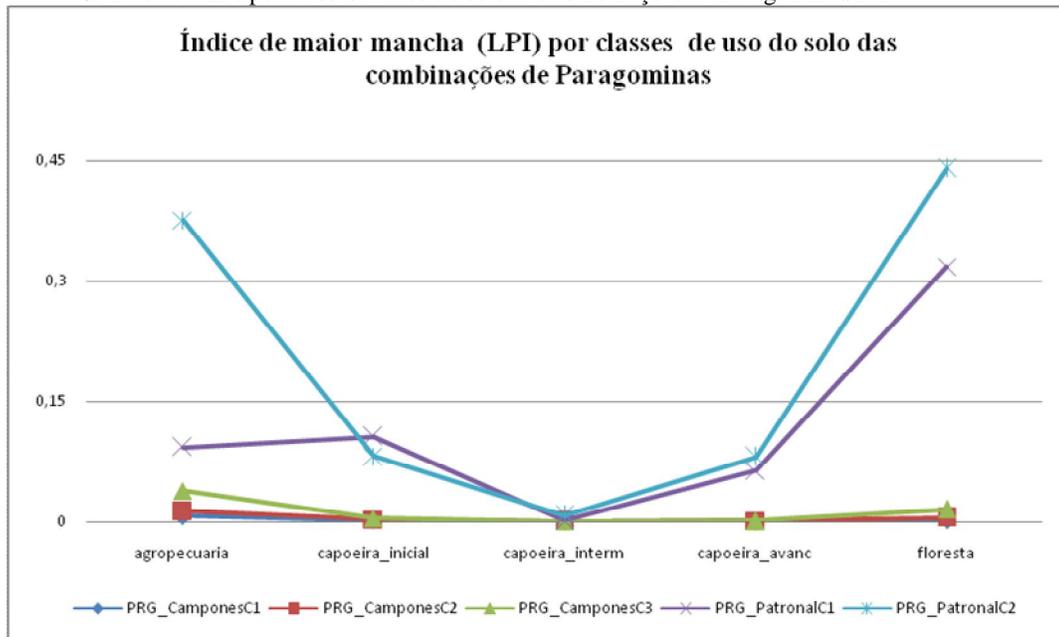


Fonte: processamentos do próprio autor.

O *Largest Patch Index (LPI)* significa algo como índice da maior mancha, e equivale a sua área na amostra, dividida pela área total da paisagem. Segundo Mcgarigal; Ene (2012), quando o LPI se aproxima de 0, o tamanho da maior mancha

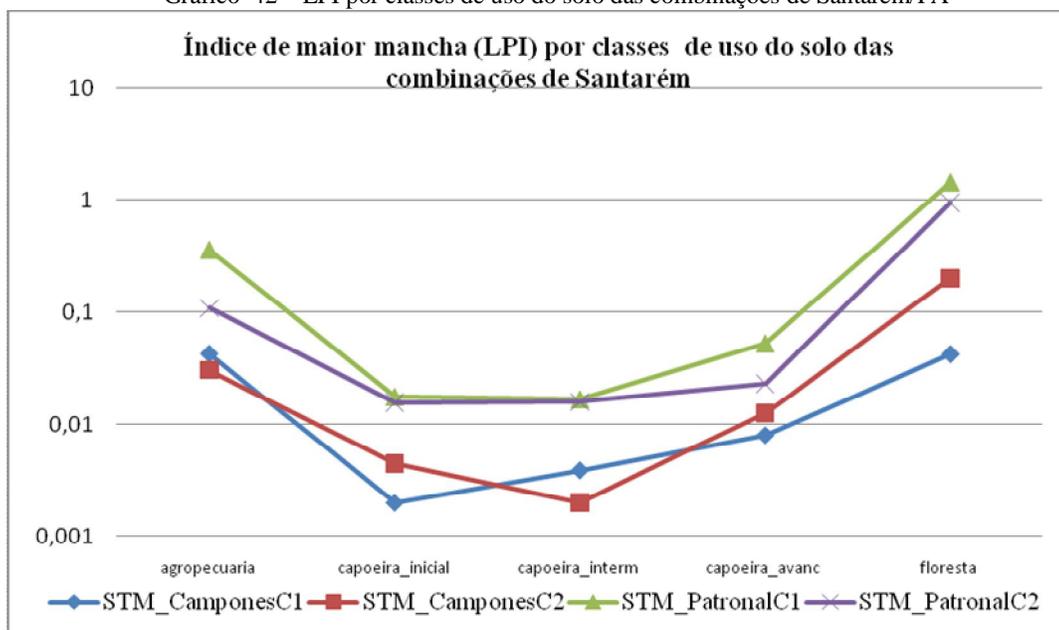
na paisagem é cada vez menor, e por outro lado, se o LPI corresponde a 100, significa que a paisagem é constituída por uma única mancha, que engloba toda a área. Seu valor é medido em porcentagem. Os gráficos 41 e 42 apresentam os resultados do LPI para Paragominas e Santarém, respectivamente.

Gráfico 41 - LPI por classes de uso do solo das combinações de Paragominas/PA



Fonte: Processamentos do próprio autor.

Gráfico 42 – LPI por classes de uso do solo das combinações de Santarém/PA



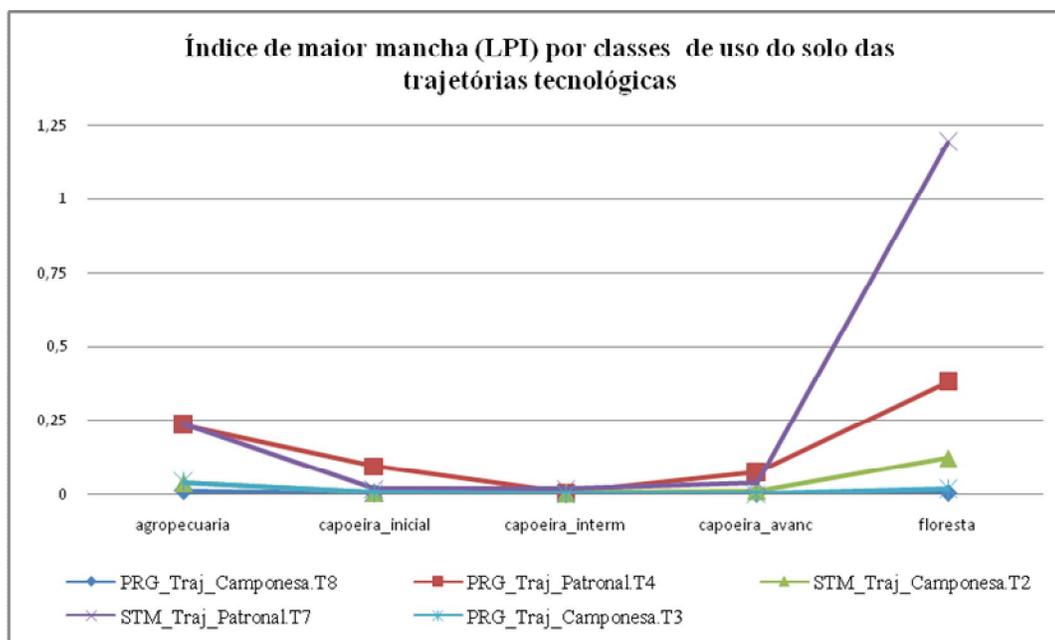
Fonte: Processamentos do próprio autor.

O comportamento deste índice entre as classes de uso do solo por combinação foi mais uniforme na região de Santarém do que em Paragominas. Nesta última, percebeu-se que as camponesas C1, C2 e C3 apresentaram linha de tendência similares para todas as classes observadas, diferentemente do comportamento observado nas patronais C1 e C2, que apresentaram LPI similares entre si para 4 classes (os 3 tipos de capoeira mais a floresta), enquanto que a agropecuária apresentou tamanhos de manchas quatro vezes maiores na patronal C2 em relação à C1.

Neste índice os valores encontrados nos estabelecimentos patronais de Santarém foram mais expressivos, especialmente a classe de florestas da C1 com valor de 1,44, indicando manchas com maiores tamanhos.

No gráfico 43, é apresentado o LPI para as trajetórias tecnológicas, considerando as classes de uso do solo (*isodata*).

Gráfico 43 – LPI por classes de uso do solo das trajetórias tecnológicas



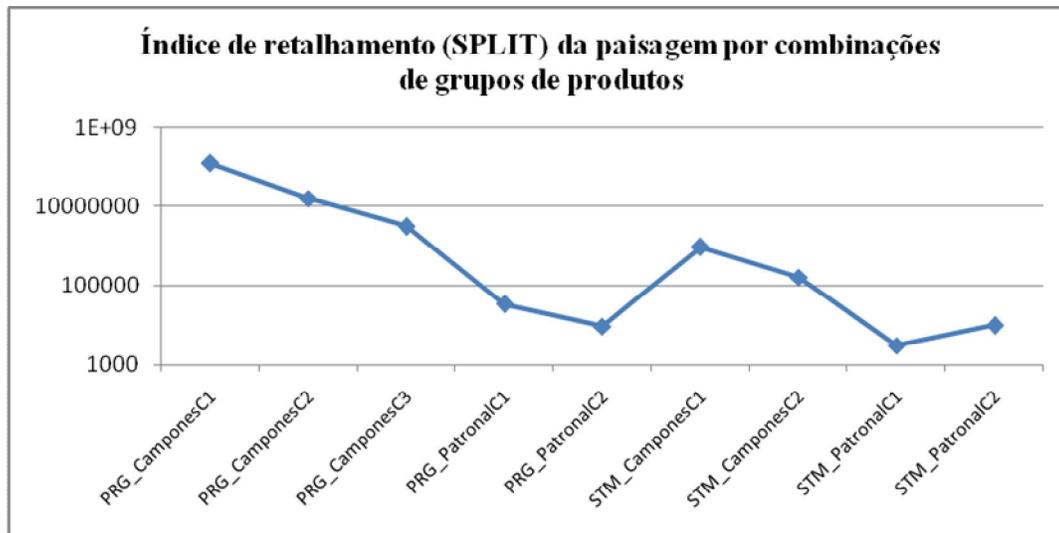
Fonte: Processamentos do próprio autor.

A trajetória patronal T7, que é formada pela convergência das combinações patronais de Santarém C1 e C2 registrou o maior valor para floresta (1,19), a classe agropecuária das patronais T4 e T7 tiveram 0,24. As outras classes apresentaram valores menores, ratificando a grande diversidade na área de estudo.

Na escala da paisagem (nível 3) são apresentadas 3 tipos de métricas, a primeira conhecida como índice de retalhamento (SPLIT), a segunda como índice de

diversidade modificado de Simpson (MSIDI) e última como tamanho efetivo de malha (MESH). No gráfico 44 têm-se os indicativos do índice de retalhamento (*splitting index*), segundo as combinações de grupos de produtos camponeses e patronais encontradas em Paragominas e Santarém.

Gráfico 44 – Índice de retalhamento (SPLIT) da paisagem por combinações de grupos de produtos



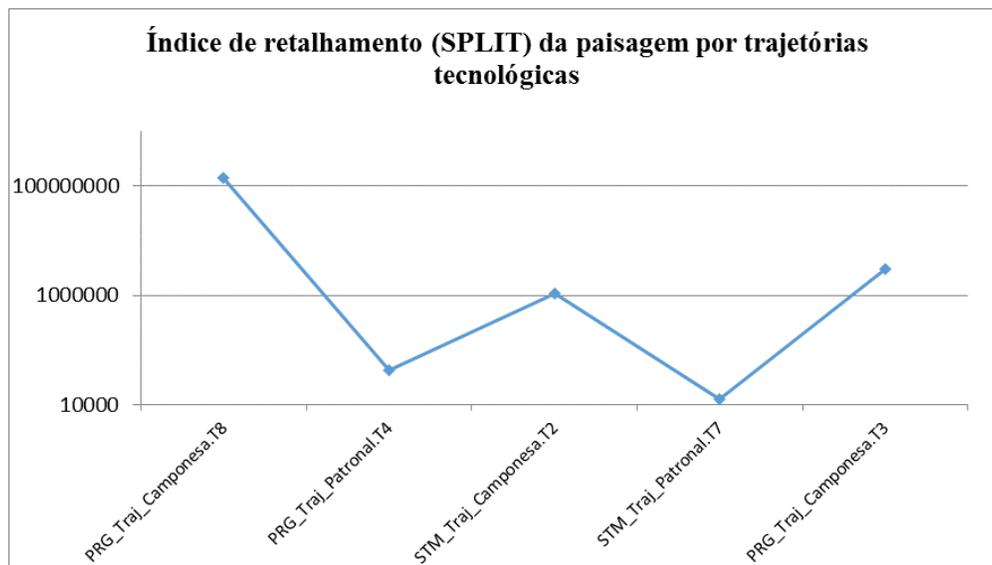
Fonte: Processamentos do próprio autor.

Equivale a área total da paisagem (m^2) dividido pela soma da área das manchas (m^2). Quando o SPLIT é igual a 1, a paisagem é formada por uma única mancha, na medida que este indicador é elevado a paisagem vai se subdividindo em tamanhos menores até atingir o seu valor máximo quando cada célula corresponde a uma mancha separadamente (McGARIGAL; ENE, 2012). Para Lang; Blaschke (2009), valores menos elevados geralmente correspondem a melhores características espaciais/estruturais, enquanto valores mais elevados implicam o contrário.

Os resultados apresentados nesta métrica determinam uma clara diferença entre as propriedades patronais, que possuem maiores tamanhos médios de área, e as camponesas, em que estas últimas apresentam maior índice de retalhamento. Percebeu-se ainda que as propriedades camponesas de Paragominas possuem um índice ainda mais elevado de separação em relação às camponesas santarenas. Acerca das patronais, a C1 de Santarém foi a menos retalhada, seguida pela C2 de Paragominas, C2 de Santarém e, finalmente a C1 de Paragominas com o maior nível de retalhamento.

O gráfico 45 apresenta este índice, categorizado pelas trajetórias tecnológicas.

Gráfico 45 – Índice de retalhamento (SPLIT) da paisagem por trajetórias tecnológicas

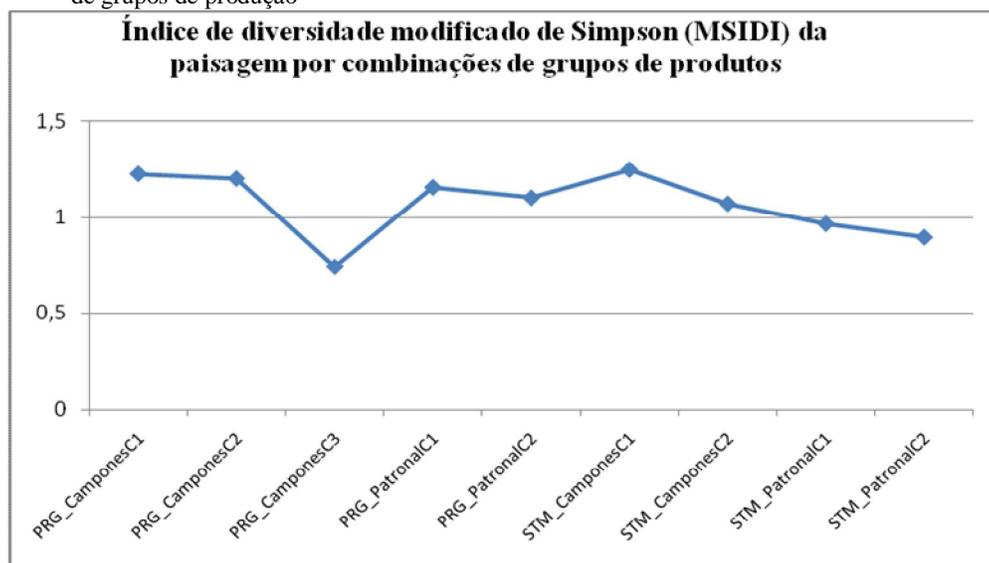


Fonte: Processamentos do próprio autor.

As patronais T7 e T4 apresentam o menor valor deste indicador, o que segundo McGarigal; Ene. (2012) implica em melhores características espaciais/estruturais, e a camponesa T8, o valor SPLIT mais elevado e, conseqüentemente, a área mais retalhada.

O gráfico 46 apresenta a métrica que mede a diversidade da paisagem, conhecida como índice de diversidade modificado de Simpson.

Gráfico 46 – Índice de diversidade modificado de Simpson (MSIDI) da paisagem por comb. de grupos de produção



Fonte: Processamentos do próprio autor.

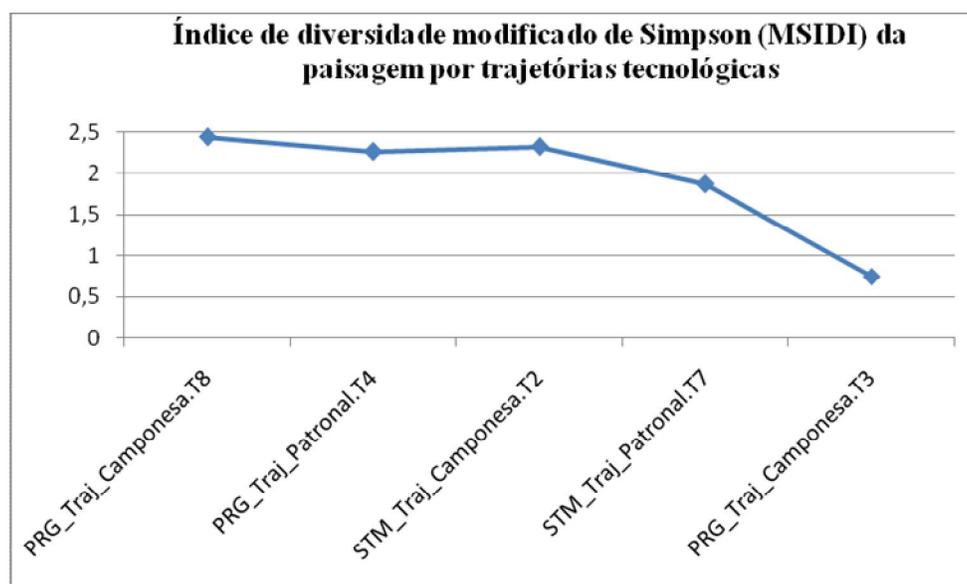
O MSIDI corresponde à proporção da paisagem ocupada por determinado tipo de classe. Quando MSIDI é igual a 0, a paisagem só possui uma mancha e nenhuma diversidade, e na medida que o número de diferentes tipos de manchas aumenta e a distribuição proporcional da área entre diferentes tipos de manchas se torna mais equilibrada, este também se eleva (MCGARIGAL; ENE, 2012). Cruz (2012) pondera que o MSIDI reflete sobretudo as diferenças na riqueza das manchas, classificadas ao longo de um gradiente, que reflete maior ou menor diversidade.

Sua equação é definida como o logaritmo natural ao inverso de 1 menos a soma, entre todas as classes, da abundância proporcional de cada classe ao quadrado (LANG;BLASCHKE , 2009; MCGARIGAL;ENE, 2012).

Em relação a esta medida de diversidade da estrutura da paisagem, verificaram-se duas configurações, uma com MSIDI menores que 1, variando entre 0,74 – 0,97, que são a combinação camponesa C3 de Paragominas e as patronais C1 e C2 em Santarém, que podem ser considerados os tipos de estabelecimentos com paisagens menos diversas. O restante se enquadrou em valores que variaram entre 1,07 – 1,26, que podem ser considerados como propriedades com número e proporção de cada classe melhores distribuídos, destacando-se que o maior valor MSIDI com 1,2507 foram das propriedades camponesas C1 de Santarém.

No gráfico 47, o MSIDI é mostrado, categorizado pelas 5 trajetórias existentes nas regiões de Paragominas e Santarém/PA.

Gráfico 47 – Índice de diversidade modificado de Simpson (MSIDI) da paisagem por trajetórias

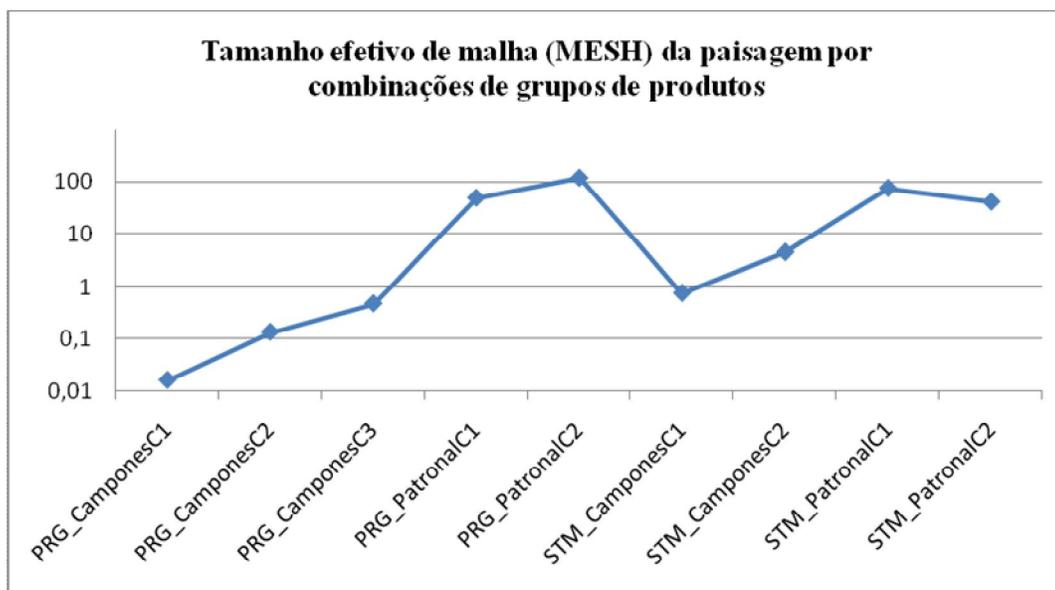


Fonte: Processamentos do próprio autor.

A trajetória camponesa T3, encontrada em Paragominas, foi a que apresentou menor valor de MSIDI, contendo os menores número de manchas e diversidade entre as trajetórias, enquanto as trajetórias patronal T4 e camponesas T2 e T8 tiveram as maiores diversidades.

No gráfico 48 são ilustrados os resultados do tamanho efetivo de malha, em que um valor mínimo é conseguido quando a paisagem é maximamente dividida, ocorrendo quando cada célula equivale a um fragmento. Este índice é máximo quando a paisagem consiste numa única mancha.

Gráfico 48 – Tamanho efetivo de malha (MESH) da paisagem por combinações de grupos de produtos

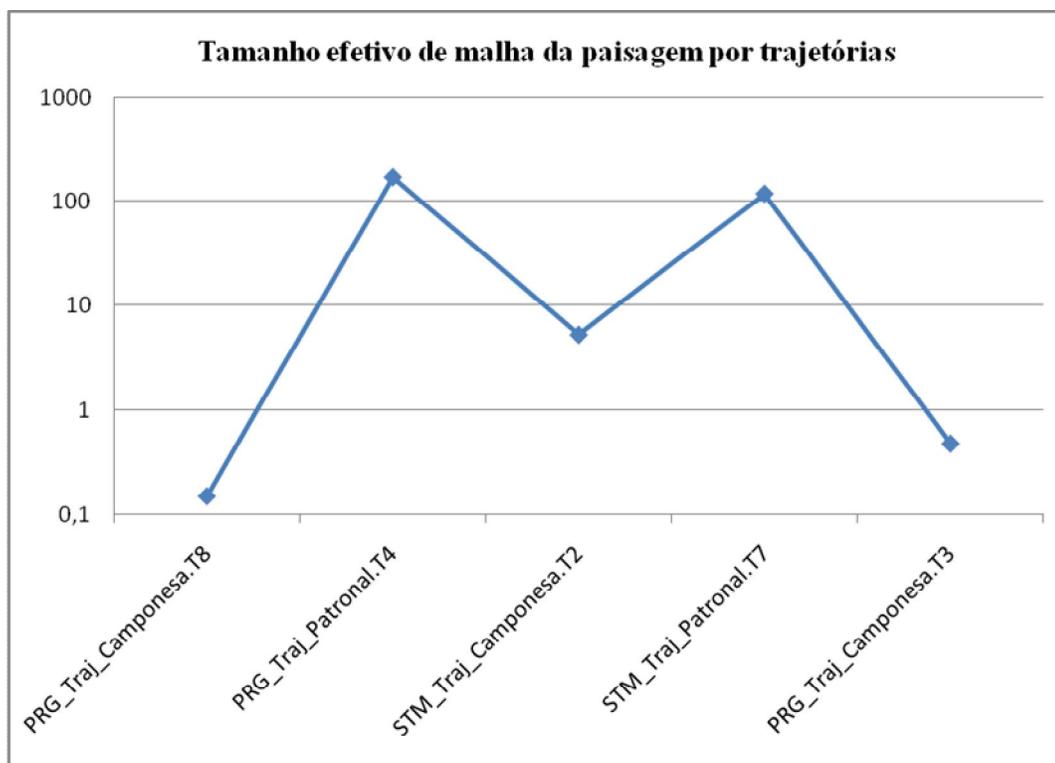


Fonte: Processamentos do próprio autor.

O índice MESH é baseado na distribuição acumulada da área dos fragmentos e é interpretado como o tamanho da mancha quando a paisagem é subdividida em “S” manchas, onde “S” é o valor do retalhamento. Neste sentido, o estabelecimento camponês C1 paragominense foi a trajetória mais subdividida com 0,0162 e a patronal C2 desse mesmo município com 119,2 teve o maior número de tamanho de malha. Em Santarém, a camponesa C1 obteve 0,76 de valor de MESH, e o menor valor desse índice foi superior a todos os estabelecimentos camponeses de Paragominas, e os maiores tamanhos de malhas das propriedades santarensas foram da patronal C2 com 41,5 e da patronal C1 com 76,0.

O gráfico 49 representa o índice MESH pelas trajetórias tecnológicas.

Gráfico 49 Tamanho efetivo de malha (MESH) da paisagem por trajetórias tecnológicas



Fonte: Processamentos do próprio autor.

As trajetórias camponesas T3 e T8 foram as mais subdivididas com os menores tamanhos de manchas, enquanto que as patronais T4 e T7 tiveram os maiores valores para o tamanho efetivo de malha, índice MESH.

A tabela 44 sistematiza alguns índices de estrutura da paisagem das 9 categorias de grupos de produtos e as 5 trajetórias tecnológicas reveladas, que essas combinações convergiram.

Tabela 44 – Índices de estrutura da paisagem das combinações e trajetórias

Região Traj/Comb.	Paragominas					Santarém			
	Trajetória.T8		Traj.T 3	Trajetória.T4		Trajetória.T2		Trajetória.T7	
Índices	Camp. _C1	Camp. _C2	Camp. _C3	Patronal _C1	Patronal _C2	Camp. _C1	Camp. _C2	Patronal _C1	Patronal _C2
Área (ha)	853,82	4.199,98	2773,39	54.886,90	85.461,38	6.106,85	11.556,39	19.700,25	12.571,06
Tamanho Médio de Mancha - MPS (ha)	2,75	3,70	5,83	7,60	9,42	3,36	3,52	6,96	6,87
Varição da Área (ha)	146,88	269,55	571,32	5212,2	4831,38	300,87	1463,58	3306,69	3778,29
<i>Desvio Padrão da Área (ha)</i>	9,82	15,51	38,33	105,52	119,72	16,81	31,41	78,25	94,97
Tamanho Total da Borda - TE (km)	80,13	364,59	155,55	3722,97	4606,6	534,63	929,88	1050,39	760,65
Número de Manchas - NP	311	1134	476	7226	9070	1820	3281	2830	1831
Densidade de Manchas - PD	0,016	0,054	0,032	0,440	0,827	0,259	0,454	1,231	0,458
Índice de Maior Tamanho da Mancha - LPI (porcentagem)	0,007	0,013	0,038	0,318	0,440	0,043	0,203	1,440	0,944
Índice de Forma - SHAPE	1,299	1,346	1,328	1,344	1,345	1,343	1,314	1,324	1,353
<i>Forma - Variação</i>	2,37	2,98	2,94	18,21	10,85	5,24	4,35	5,30	6,87
Forma - Desvio Padrão	0,403	0,462	0,486	0,682	0,631	0,502	0,459	0,529	0,562
<i>Circle Médio</i>	0,496	0,499	0,476	0,481	0,478	0,481	0,477	0,455	0,471
<i>Circle - Variação</i>	0,893	0,930	0,919	0,959	0,976	0,937	0,953	0,962	0,936
Taxa Perímetro/Área Média - PAFRAC	790,21	773,95	805,96	825,52	844,91	841,71	843,99	916,71	878,53
Índice de Dimensão Fractal Média - FRAC	1,0558	1,0600	1,0565	1,0572	1,0572	1,0602	1,0572	1,0565	1,0599
Tamanho Efetivo de Malha - MESH (ha)	0,016	0,136	0,481	49,27	119,21	0,760	4,54	75,99	41,49
Índice de Diversidade Modificado de Simpson - MSIDI	1,229	1,204	0,744	1,159	1,104	1,251	1,073	0,969	0,899

Fonte: Processamentos do próprio autor.

a) Trajetória Tecnológica Camponesa T2 (Combinação de Grupos de Produtos Camponeses C1 e C2) - Santarém;

A trajetória camponesa T2 foi formada pela convergência das combinações de grupos de produtos camponesas C1 e C2 na região de Santarém. A área ocupada por esta trajetória é 17.663,24 ha, com tamanho médio de mancha de 3,44 ha, tamanho total da borda de 17.663,24 km, 5.101 números de manchas (NP), densidade de manchas de 0,36 (PD), índice de maior tamanho da mancha (LPI) de 0,123%, índice de forma (SHAPE) de 1,33, razão perímetro/área média (PAFRAC) de 842,85, tamanho efetivo de malha (MESH) de 5,3 ha e Índice de Diversidade (MSIDI) com 1,16.

b) Trajetória Tecnológica Patronal T7 (Combinações de Grupos de Produtos Patronais C1 e C2) – Santarém;

A trajetória patronal T7 foi formada pela convergência das combinações de grupos de produtos patronais C1 e C2 na região de Santarém. A área ocupada por esta trajetória é 32.271,31 ha, com tamanho médio de mancha de 6,92 ha, tamanho total da borda de 1.811,04 km, 4.661 números de manchas (NP), densidade de manchas de 0,84 (PD), índice de maior tamanho da mancha (LPI) de 1.19%, índice de forma (SHAPE) de 1,34, razão perímetro/área média (PAFRAC) de 897,62, tamanho efetivo de malha (MESH) de 58,74 ha e Índice de Diversidade (MSIDI) com 0,93.

c) Trajetória Tecnológica Camponesa T3 (Combinação de Grupos de Produtos C3) – Paragominas;

A trajetória camponesa T3 foi formada pela convergência da combinação de grupos de produtos camponesa C3 na região de Santarém. A área ocupada por esta trajetória é 2.773,39 ha, com tamanho médio de mancha de 5,83 ha, tamanho total da borda de 571,32 km, 476 números de manchas (NP), densidade de manchas de 0,03 (PD), índice de maior tamanho da mancha (LPI) de 0.04%, índice de forma (SHAPE) de 1,33, razão perímetro/área média (PAFRAC) de 805,96, tamanho efetivo de malha (MESH) de 0,48 ha e Índice de Diversidade (MSIDI) com 0,74.

d) Trajetória Tecnológica Patronal T4 (Combinações de Grupos de Produtos Patronais C1 e C2) – Paragominas.

A trajetória patronal T4 foi formada pela convergência das combinações de grupos de produtos patronais C1 e C2 na região de Santarém. A área ocupada por esta trajetória é 140.348,28 ha, com tamanho médio de mancha de 8,51 ha, tamanho total da borda de 4.614,78 km, 16.296 números de manchas (NP), densidade de manchas de 0,63 (PD), índice de maior tamanho da mancha (LPI) de 0,38%, índice de forma (SHAPE) de 1,34, razão perímetro/área média (PAFRAC) de 835,21, tamanho efetivo de malha (MESH) de 84,24 ha e Índice de Diversidade (MSIDI) com 1,13.

e) Trajetória Tecnológica Camponesa T8 (Combinações de Grupos de Produtos Camponeses C1 e C2) – Paragominas;

A trajetória camponesa T3 foi formada pela convergência da combinação de grupos de produtos camponesa C3 na região de Paragominas. A área ocupada por esta trajetória é 5.053,8 ha, com tamanho médio de mancha de 3,22 ha, tamanho total da borda de 444,72 km, 1.445 números de manchas (NP), densidade de manchas de 0,035 (PD), índice de maior tamanho da mancha (LPI) de 0,01%, índice de forma (SHAPE) de 1,32, razão perímetro/área média (PAFRAC) de 702,08, tamanho efetivo de malha (MESH) de 0,15 ha e Índice de Diversidade (MSIDI) com 1,22.

6.4.3 Otimização Probabilística (Integração de Classes)

O algoritmo baseado na técnica de otimização probabilística criado por Costa (2014a) permitiu que o processo de geração do produto final fosse conduzido pela relação das áreas dos agrupamentos de "*cluster*" fornecido pela classificação não supervisionada *isodata*, representados pelas classes: água, agropecuária, capoeira inicial, capoeira intermediária, capoeira avançada e floresta; e a área produzida, utilizada em cada estabelecimento georreferenciado, declarada pelo entrevistado nas múltiplas formas de uso: pomar, cultura temporária, cultura permanente, hortaliça, pasto, sistema agro florestal, silvicultura, juquira, manejo florestal, floresta e outros, em geral água.

Este é o caso na qual havia a existência de uma pesquisa primária nos estabelecimentos rurais da área investigada, tratando significados estruturais diretamente pela qualificação das áreas reais e do objeto das estatísticas (COSTA, 2014b).

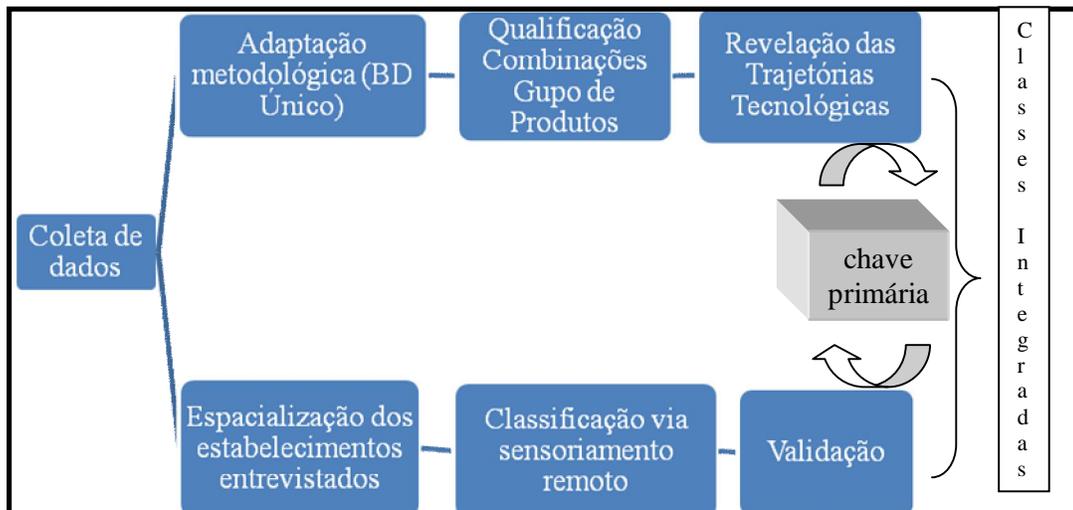
As informações foram conectadas por chave primária, com a intenção de dar uma abordagem mais precisa à manipulação das incertezas, principalmente relacionada com as limitações que o sensoriamento remoto apresenta.

Os estabelecimentos, por seu turno, foram integrados por trajetórias probabilísticas dos *clusters* produzidos pela classificação não supervisionada *isodata* com as classes a eles relacionadas, e as características dos estabelecimentos nas respectivas trajetórias.

A implementação foi feita por módulos que realizaram, de forma automatizada, etapas distintas durante o processo de otimização probabilística, gerenciados por uma rotina. A chave primária interligou a partir da variável “área”, expressa em hectares, as 2 classes de entrada (dados de produção e sensoriamento remoto).

A Figura 45 ilustra os processamentos utilizados nesta Tese.

Figura 45 – Resumo da metodologia de investigação



Fonte: Processamentos do próprio autor.

Os resultados encontrados foram consistentes, ressaltando que em 6% dos casos não houve enquadramento do algoritmo, causados principalmente por insuficiência, decorrente de erros ou incompatibilidades, dos dados.

A tabela 45 corresponde à matriz composta de *pixels(isodata)* associados com as estatísticas dos dados de produção provenientes do questionário socioeconômico ambiental, correlacionados por uma chave primária, que resultou no produto final "classificação integrada".

Tabela 45 - Matriz composta pixel x estatísticas

Área módulo	Resíduo área módulo	Tipo módulo de estatísticas
Área(valor em "ha") que nas estatísticas correspondem ao módulo (cluster de <i>pixel</i>).	Área original do cluster (valor em "ha"), menos área no ano correspondente das colunas anteriores, que não foram enquadrados.	Nova classificação obtida pelo algoritmo desenvolvido, que corresponde ao produto final, classificação integrada.

Fonte: Processamentos do próprio autor.

Na tabela 46 tem-se os resultados do algoritmo de otimização probabilística, na qual a primeira coluna apresenta os agrupamentos de *pixels* das classes de uso do solo de sensoriamento remoto (agropecuária, água, 3 tipos de capoeira e floresta) que associadas com os dados de produção oriundos do questionário socioeconômico ambiental (pomar/sítio, cultura temporária, cultura permanente, hortaliça, pasto, sistema agro florestal, silvicultura, juqueira/capoeira, manejo florestal, floresta e outros, em geral drenagem), desdobraram-se nas classes da segunda coluna (água, culturas permanentes, culturas permanentes em formação, culturas temporárias, pousio de culturas temporárias, capoeira intermediária, floresta inexplorada, manejo florestal, silvicultura, pasto degradado, pecuária predominantemente de corte e sistemas agro florestais), resultados do processamento.

As colunas seguintes desta tabela relacionaram a participação por área (hectares) da classificação integrada com cada tipo de combinação de grupo de produto e trajetória tecnológica, enquanto que a tabela 47 sistematizou os resultados encontrados por Valor Bruto da Produção (R\$).

Em função da existência de chave primária entre os dados da matriz, dos questionários e dos agrupamentos de *pixels*, as classes resultantes da integração foram espacializadas, culminando como o último produto elaborado nesta Tese, transformando mapas de *pixels* em mapas de significados reais.

No anexo A são apresentadas as linhas de comando e processamentos envolvidos para implementação deste algoritmo.

Tabela 46 - Área (ha) das classes provenientes do sensoriamento remoto e das resultantes da integração, por comb. de grupo de produtos e traj. tecnol. (PRG e STM)

Classificação não supervisionada Isodata	Classificação Integrada Sens. Remoto x Produção	Combinações de Grupos de Produtos / Traj. Tecnológicas (Paragominas)					Total geral
		Traj. Camponesa T8		Traj. Camponesa T3	Traj. Patronal T4		
		Camponês_C1	Camponês_C2	Camponês_C3	Patronal_C1	Patronal_C2	
Agropecuária	Cult. Temporárias	285,48	1.183,26	351,43	1.371,40	7.185,09	10.376,66
	Pecuária domínio de Corte	59,37	622,43	1.216,66	9.651,28	20.633,93	32.183,67
Agropecuária Total		344,85	1.805,69	1.568,09	11.022,68	27.819,02	42.560,33
Água	Água	14,31	14,23	9,76	194,36	841,77	1.074,43
Água Total		14,31	14,23	9,76	194,36	841,77	1.074,43
Capoeira avançada	Cult. Permanentes	17,01	47,83	32,49	162,26	663,59	923,18
	SAF	64,12	337,54	81,58	8.897,91	6.544,18	15.925,33
Capoeira avançada Total		81,13	385,37	114,07	9.060,17	7.207,77	16.848,51
Capoeira inicial	Pasto Degradado	67,46	443,13	317,50	6.394,96	8.501,41	15.724,46
	Pousio de Culturas Temporárias	103,12	530,10	45,07	679,70	1.145,40	2.503,39
Capoeira inicial Total		170,58	973,23	362,57	7074,66	9.646,81	18.227,85
Capoeira intermediária	Cult. Permanentes em Formação	10,75	29,97	19,32	360,75	50,12	470,91
	Pousio de Culturas Temporárias	-	9,45	-	0,27	-	9,72
Capoeira intermediária Total		10,75	39,42	19,32	361,02	50,12	480,63
Floresta	Floresta inexpl.	219,61	738,91	386,52	18.424,87	34.643,14	54.413,05
	Manejo Florestal	-	41,66	-	3.551,07	-	3.592,73
	Silvicultura	-	1,40	-	107,01	-	108,41
Floresta Total		219,61	781,97	386,52	22.082,95	34.643,14	58.114,19
Total geral (Paragominas)		841,23	3.999,91	2.460,33	49.795,84	80.208,63	137.305,94
Classificação não supervisionada Isodata	Classificação Integrada Sens. Remoto x Produção	Combinações de Grupos de Produtos / Traj. Tecnológicas (Santarém)				Total geral	
		Traj. Camponesa T2		Traj. Patronal T7			
		Camponês_C1	Camponês_C2	Patronal_C1	Patronal_C2		
Agropecuária	Cult. Temporárias	1.804,92	727,26	6.875,16	1.621,20	11.028,54	
	Pecuária domínio de Corte	98,05	1.180,56	865,50	1.503,97	3.648,08	
Agropecuária Total		1.902,97	1.907,82	7.740,66	3.125,17	14.676,62	
Água	Água	9,26	39,86	44,28	106,13	199,53	
Água Total		9,26	39,86	44,28	106,13	199,53	
Capoeira avançada	Cult. Permanentes	232,74	377,94	34,24	121,78	766,70	
	SAF	791,93	1.519,58	1.925,36	1.346,83	5.583,70	
Capoeira avançada Total		1.024,67	1.897,52	1.959,60	1.468,61	6.350,40	
Capoeira inicial	Pasto Degradado	67,49	432,50	167,80	355,70	1.023,49	
	Pousio de Culturas Temporárias	454,65	222,58	430,98	172,68	1.280,89	
Capoeira inicial Total		522,14	655,08	598,78	528,38	2.304,38	
Capoeira intermediária	Cap. intermediária	88,26	-	74,62	162,89	325,77	
	Cult. Permanentes em Formação	432,41	372,37	309,46	339,64	1.453,88	
	Pousio de Culturas Temporárias	0,17	4,29	-	-	4,46	
Capoeira intermediária Total		520,84	376,66	384,08	502,53	1.784,11	
Floresta	Floresta inexpl.	1.345,97	5.114,08	6.701,86	3.853,55	17.015,46	
	Manejo Florestal	0,18	-	2.746,75	2.746,93	5.493,86	
	Silvicultura	0,17	-	0,00	0,17	0,34	
Floresta Total		1.346,32	5.114,08	9.448,61	6.600,65	22.509,66	
Total geral (Santarém)		5.326,20	9.991,02	20.176,01	12.331,47	47.824,70	

Fonte: Processamentos do próprio autor.

Tabela 47 - VBP (R\$) das classes provenientes do sensoriamento remoto e das resultantes da integração, por comb. de grupo de produtos e trajetórias tecnológicas (PRG e STM)

Classificação não supervisionada Isodata	Classificação Integrada Sens. Remoto x Produção	Combinações de Grupos de Produtos / Traj. Tecnológicas (Paragominas)					Total geral
		Traj. Camponesa T8		TrajCamp.T3	Traj. Patronal T4		
		Camponês_C1	Camponês_C2	Camponês_C3	Patronal_C1	Patronal_C2	
Agropecuária	Cult. Temporárias	33,94%	29,58%	14,28%	2,75%	8,96%	7,56%
	Pecuária domínio de Corte	7,06%	15,56%	49,45%	19,38%	25,73%	23,44%
Agropecuária Total		40,99%	45,14%	63,73%	22,14%	34,68%	31,00%
Água	Água	1,70%	0,36%	0,40%	0,39%	1,05%	0,78%
Água Total		1,70%	0,36%	0,40%	0,39%	1,05%	0,78%
Capoeira avançada	Cult. Permanentes	2,02%	1,20%	1,32%	0,33%	0,83%	0,67%
	SAF	7,62%	8,44%	3,32%	17,87%	8,16%	11,60%
Capoeira avançada Total		9,64%	9,63%	4,64%	18,19%	8,99%	12,27%
Capoeira inicial	Pasto Degradado	8,02%	11,08%	12,90%	12,84%	10,60%	11,45%
	Pousio de Culturas Temporárias	12,26%	13,20%	1,83%	1,36%	1,43%	1,82%
Capoeira inicial Total		20,28%	24,33%	14,74%	14,21%	12,03%	13,28%
Capoeira intermediária	Cult. Permanentes em Formação	1,28%	0,75%	0,79%	0,72%	0,06%	0,34%
	Pousio de Culturas Temporárias	0,00%	0,24%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
Capoeira intermediária Total		1,28%	0,99%	0,79%	0,73%	0,06%	0,35%
Floresta	Floresta inexpl.	26,10%	18,47%	15,71%	37,00%	43,19%	39,63%
	Manejo Florestal	0,00%	1,04%	0,00%	7,13%	0,00%	2,62%
	Silvicultura	0,00%	0,04%	0,00%	0,21%	0,00%	0,08%
Floresta Total		26,10%	19,55%	15,71%	44,35%	43,19%	42,32%
Total geral (Paragominas)		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Classificação não supervisionada Isodata	Classificação Integrada Sens. Remoto x Produção	Combinações de Grupos de Produtos / Traj. Tecnológicas (Santarém)				Total geral	
		Traj. Camponesa T2		Traj. Patronal T7			
		Camponês_C1	Camponês_C2	Patronal_C1	Patronal_C2		
Agropecuária	Cult. Temporárias	34,46%	7,22%	39,62%	13,24%	24,55%	
	Pecuária domínio de Corte	1,87%	11,71%	4,99%	12,28%	8,12%	
Agropecuária Total		36,33%	18,93%	44,60%	25,53%	32,68%	
Água	Água	0,18%	0,40%	0,26%	0,87%	0,44%	
Água Total		0,18%	0,40%	0,26%	0,87%	0,44%	
Capoeira avançada	Cult. Permanentes	4,44%	3,75%	0,20%	0,99%	1,71%	
	SAF	15,12%	15,08%	11,09%	11,00%	12,43%	
Capoeira avançada Total		19,56%	18,83%	11,29%	12,00%	14,14%	
Capoeira inicial	Pasto Degradado	1,29%	4,29%	0,97%	2,91%	2,28%	
	Pousio de Culturas Temporárias	8,68%	2,20%	2,48%	1,41%	2,85%	
Capoeira inicial Total		9,97%	6,50%	3,45%	4,32%	5,13%	
Capoeira intermediária	Cap. Intermediária	0,00%	0,88%	0,00%	0,61%	0,36%	
	Cult. Permanentes em Formação	8,26%	3,69%	1,78%	2,77%	3,24%	
	Pousio de Culturas Temporárias	0,00%	0,04%	0,00%	0,00%	0,01%	
Capoeira intermediária Total		8,26%	4,61%	1,78%	3,38%	3,61%	
Floresta	Floresta inexpl.	25,70%	50,74%	38,62%	31,48%	37,88%	
	Manejo Florestal	0,00%	0,00%	0,00%	22,44%	6,12%	
	Silvicultura	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	
Floresta Total		25,70%	50,74%	38,62%	53,91%	44,00%	
Total geral (Santarém)		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	

Fonte: Processamentos do próprio autor.

A Tabela 48 mostra a matriz de erros aplicada à classificação integrada.

Tabela 48 - Matriz de Erros para a classificação integrada

Classes de Integração	CPF	CT	FI	MF	PD	PDC	PT	SAF	Total	Erro de Omissão (%)	Acurácia (%)
CPF	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0,0%	100,0%
CT	1	6	0	0	0	0	0	0	7	14,3%	85,7%
FI	0	0	9	3	0	0	0	0	12	25,0%	75,0%
MF	0	0	1	1	0	0	0	0	2	50,0%	50,0%
PDeg.	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0,0%	100,0%
PDC	0	0	0	0	0	4	0	0	4	0,0%	100,0%
PT	0	0	0	1	0	0	1	0	2	50,0%	50,0%
SAF	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0,0%	100,0%
Total	3	6	10	5	2	4	1	2	33		
Erro de Omissão (%)	33,3%	0,0%	10,0%	40,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%			
Acurácia (%)	66,7%	100,0%	90,0%	60,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%			

Acurácia total (%) = 81.81%

Fonte: Processamentos do autor

O número (N) de amostras foi 33 e a diagonal principal (DP), que corresponde ao número de acertos foi 27. A equação abaixo detalha os procedimentos para medição do valor de kappa.

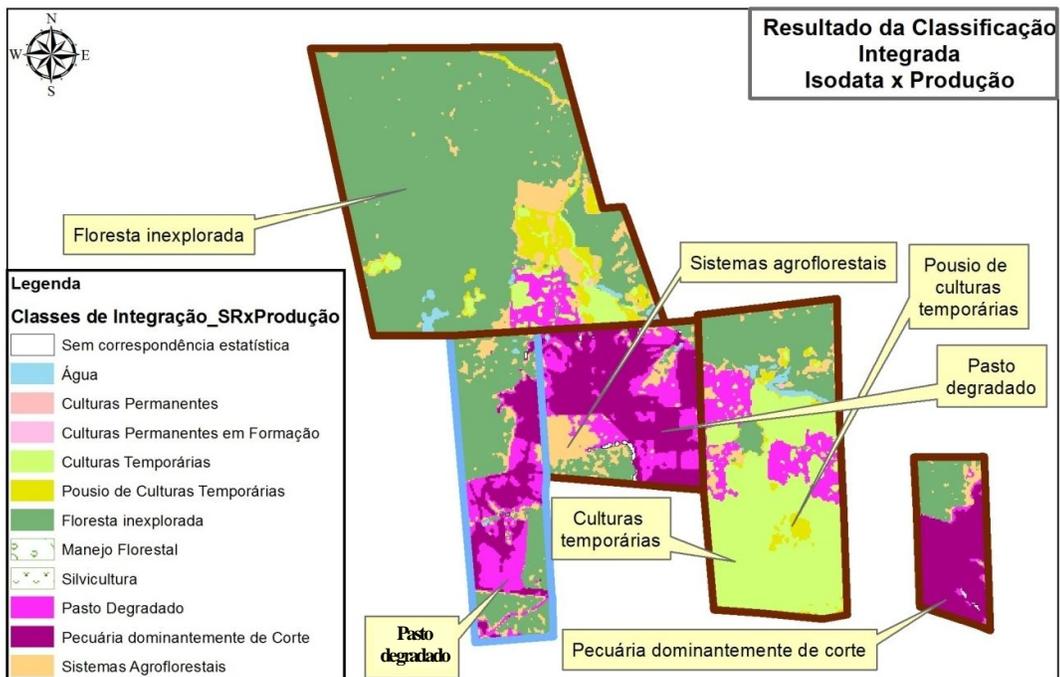
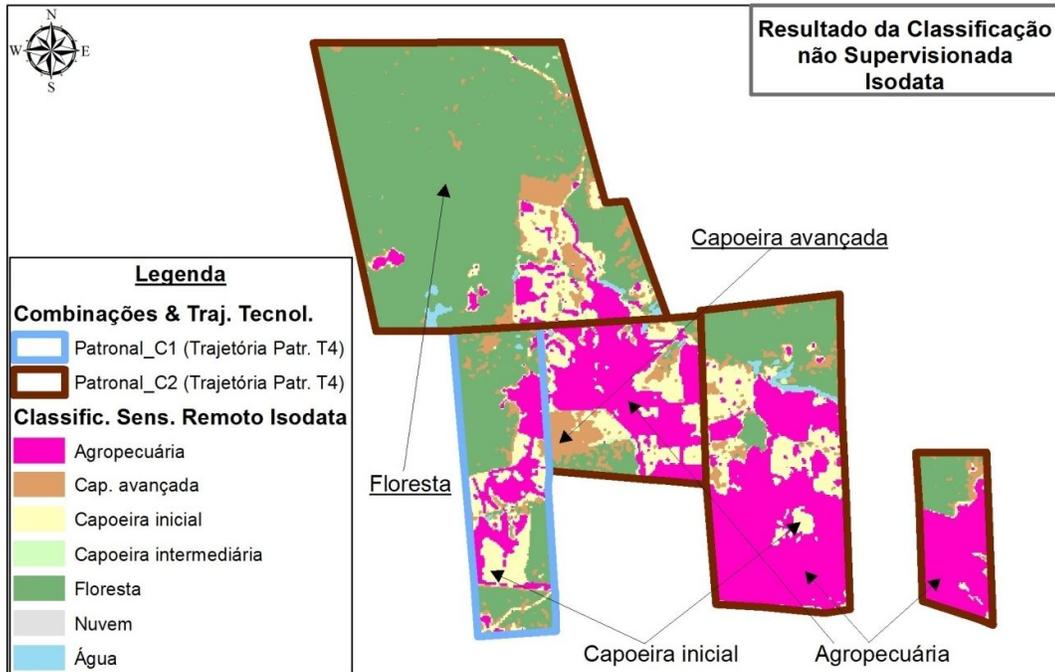
$$\begin{aligned}
 ef1 &= (\text{linha total1} * \text{coluna total1}) / \text{soma total} \\
 ef1 &= (3 * 2) / 33 = 0,18 \\
 ef2 &= (\text{linha total2} * \text{coluna total2}) / \text{soma total} \\
 ef2 &= (6 * 7) / 33 = 1,27 \\
 ef3 &= (\text{linha total3} * \text{coluna total3}) / \text{soma total} \\
 ef3 &= (10 * 12) / 33 = 3,64 \\
 ef4 &= (\text{linha total4} * \text{coluna total4}) / \text{soma total} \\
 ef4 &= (5 * 2) / 33 = 0,30 \\
 ef5 &= (\text{linha total5} * \text{coluna total5}) / \text{soma total} \\
 ef5 &= (2 * 2) / 33 = 0,12 \\
 ef6 &= (\text{linha total6} * \text{coluna total56}) / \text{soma total} \\
 ef6 &= (4 * 4) / 33 = 0,48 \\
 ef7 &= (\text{linha total7} * \text{coluna total7}) / \text{soma total} \\
 ef7 &= (1 * 2) / 33 = 0,06 \\
 ef8 &= (\text{linha total4} * \text{coluna total4}) / \text{soma total} \\
 ef8 &= (2 * 2) / 33 = 0,12 \\
 \Sigma ef &= ef1 + ef2 + ef3 + ef4 + ef5 + ef6 + ef7 + ef8 \\
 \Sigma ef &= 0,18 + 1,27 + 3,64 + 0,30 + 0,12 + 0,48 + 0,06 + 0,12 = 6,17 \\
 K &= (Dp - \Sigma ef) / (N - \Sigma ef) \\
 K &= (27 - 6,17) / (33 - 6,17) = 20,83 / 26,83 = 0,78
 \end{aligned}$$

(Eq. 6.17 - Índice de Kappa Classificação Integrada)

O valor medido de kappa atingiu 0,78, considerado por Landis e Koch (1977) como "muito boa".

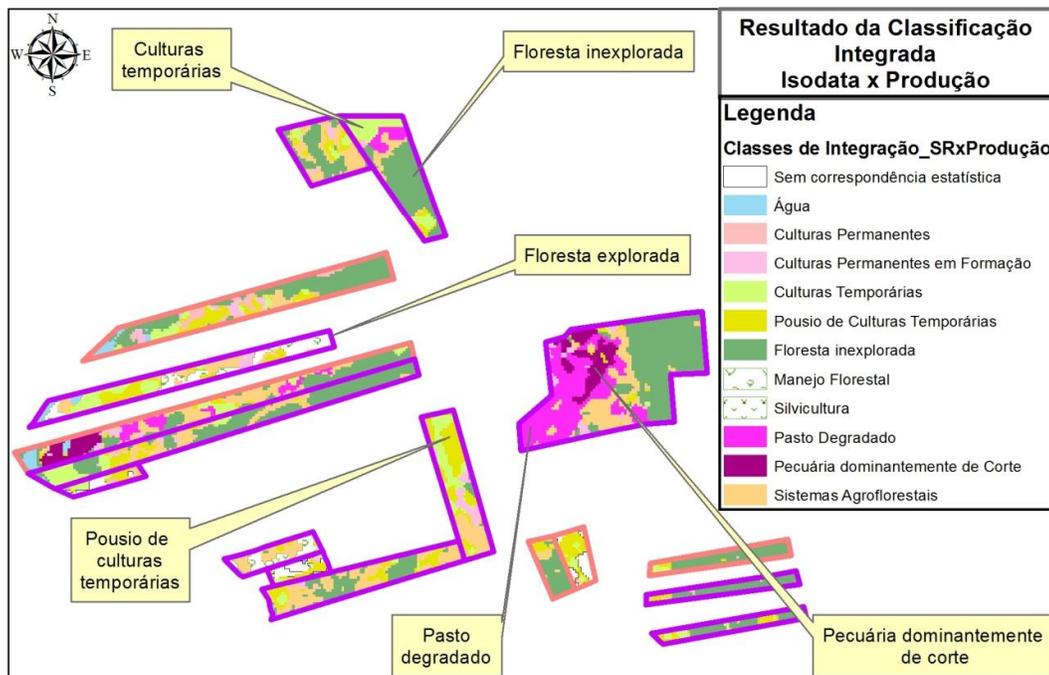
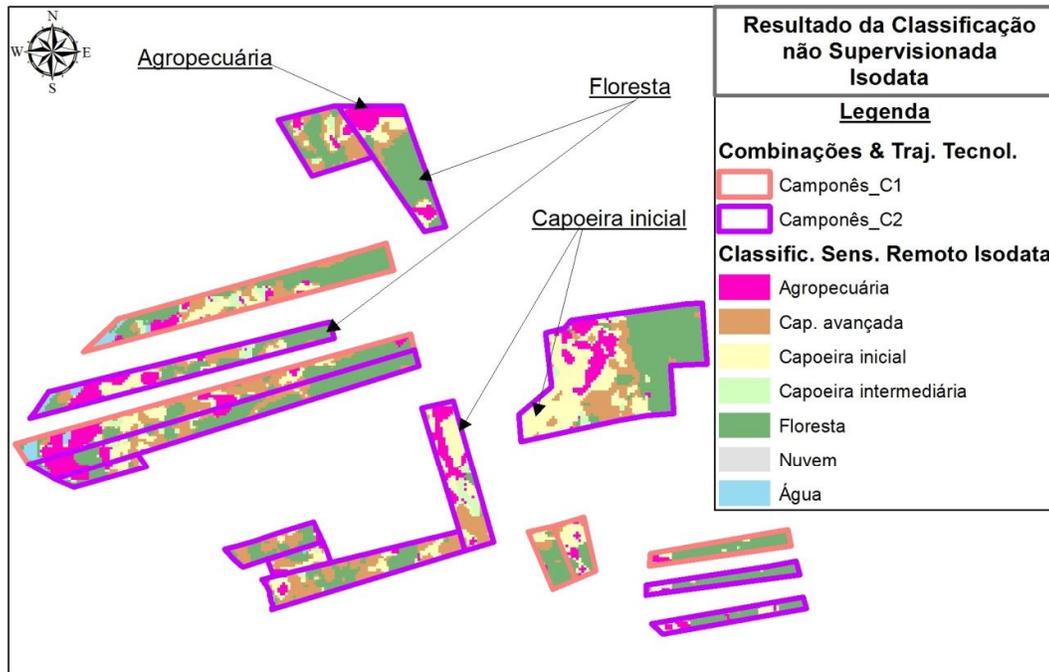
As Figuras 46, 47 e 48 apresentam comparativamente o dado inicial de sensoriamento remoto (*isodata*) e o dado processado, denominado "integrado").

Figura 46 - Mapa comparativo isodata x "integrado" (propriedades patronais), em Paragominas/PA



Fonte: Processamentos do próprio autor.

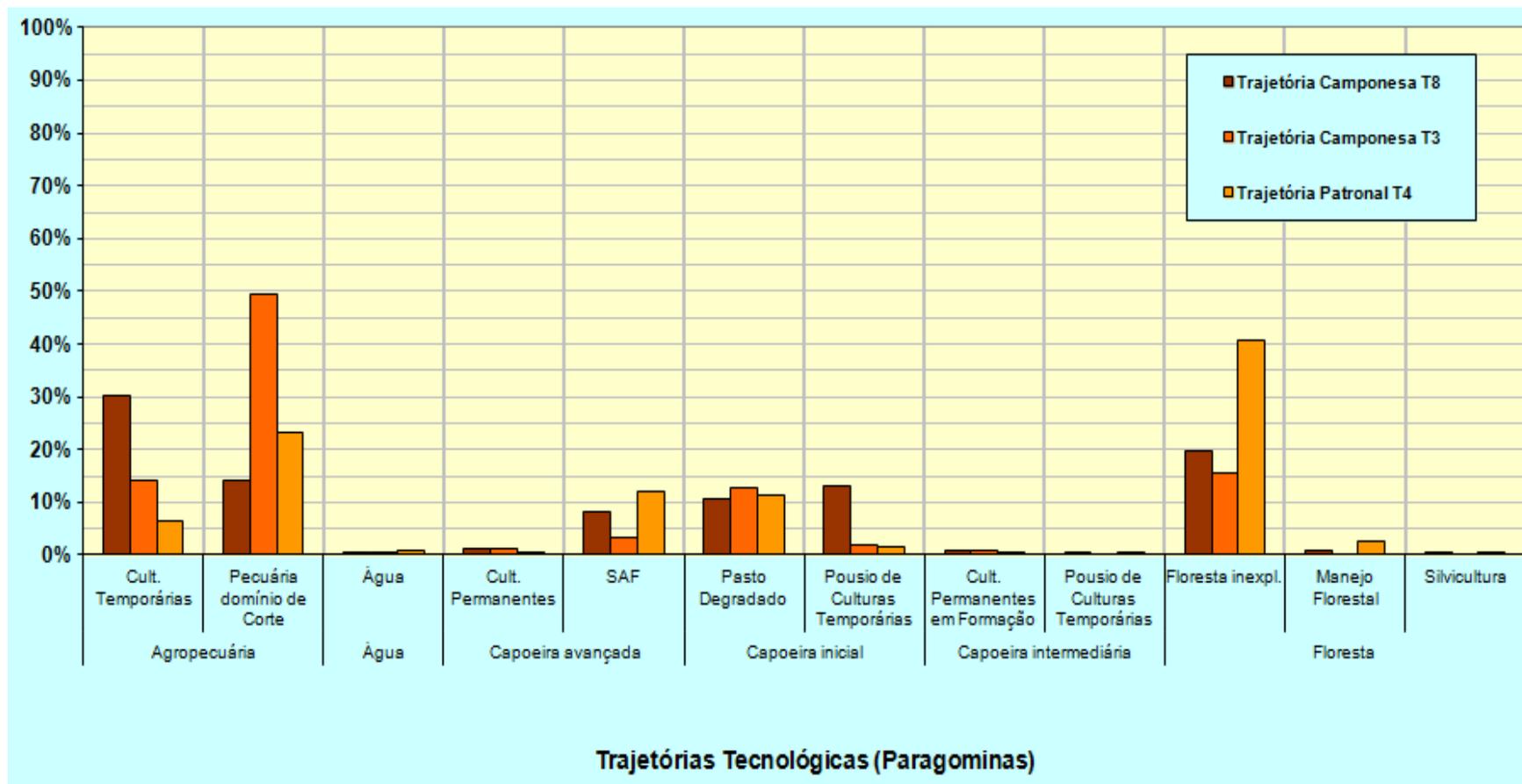
Figura 47 - Mapa comparativo isodata x "integrado" (propr. camponesas), em Paragominas/PA



Fonte: Processamentos do próprio autor.

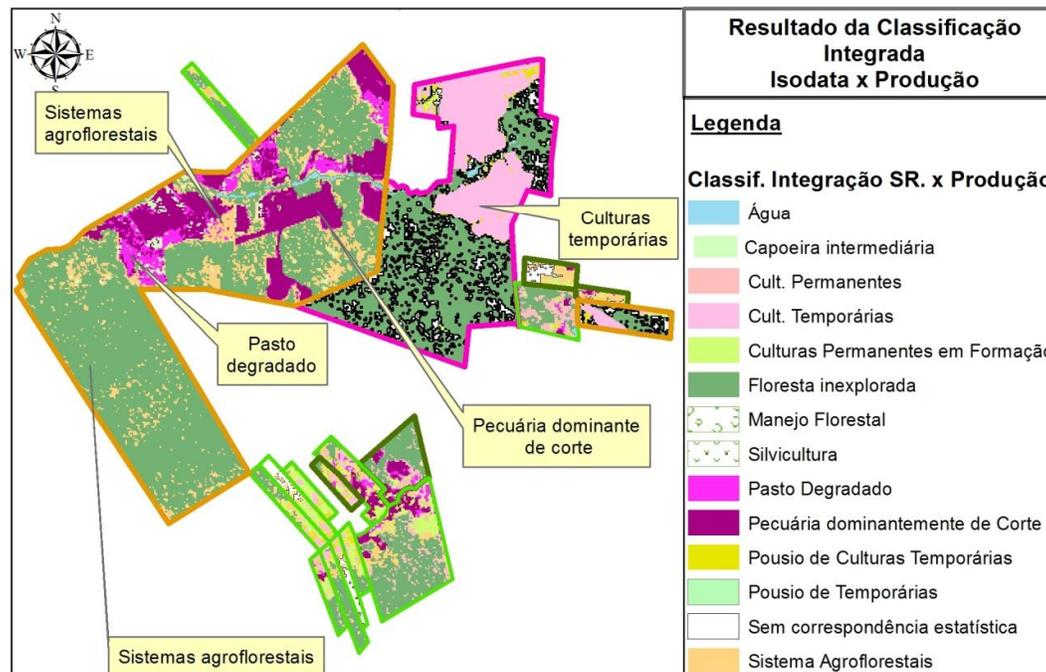
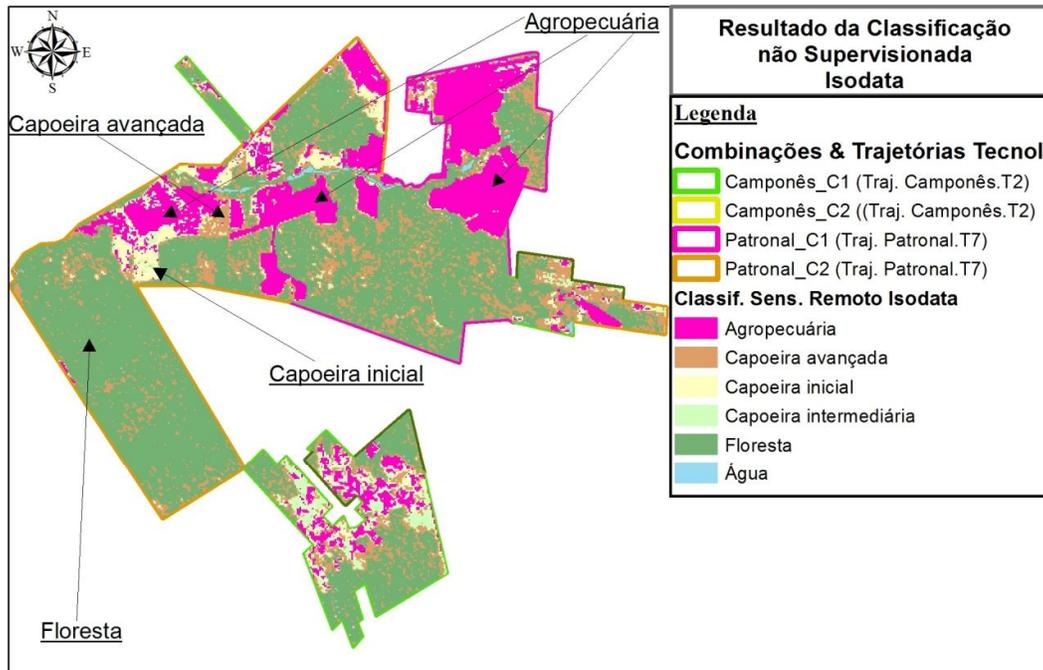
O gráfico 50 mostra as trajetórias tecnológicas de Paragominas, segundo as porcentagens das diferentes classes de uso.

Gráfico 50 - Representação (%) das classes de uso isodata e "integrada" por trajetórias tecnológicas de Paragominas/PA



Fonte: Processamentos do próprio autor.

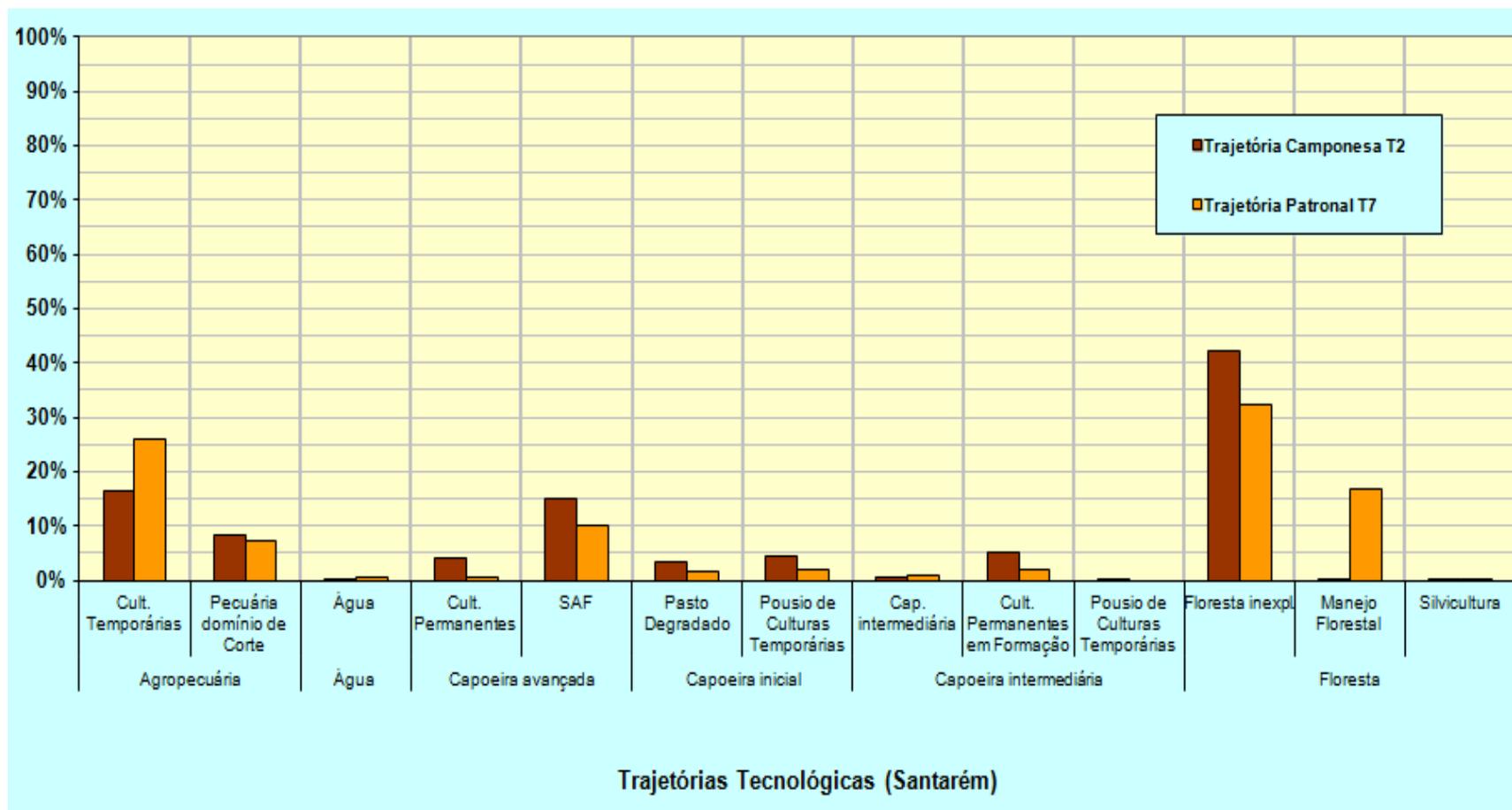
Figura 48 - Mapa comparativo isodata x "integrado" (propriedades camponesas e patronais), em Santarém/PA



Fonte: Processamentos do próprio autor.

O gráfico 51 apresenta as trajetórias tecnológicas de Santarém, segundo as porcentagens das diferentes classes de uso.

Gráfico 51 - Mapa comparativo isodata x "integrado" (propriedades camponesas e patronais), em Santarém/PA



Fonte: Processamentos do próprio autor.

6.4.4 Índice de Kappa *Isodata* Normalizado

No que tange à acurácia do mapeamento, tanto a classificação *isodata* quanto a integrada apresentaram valores considerados "excelente" e "muito bom", respectivamente, registrando que por este viés a qualidade do primeiro foi superior ao segundo.

Alguns pontos precisam ser destacados para explicar a melhor acurácia da classificação *isodata*, como esta ser mais genérica nas suas classes (água, agropecuária, capoeira inicial, capoeira intermediária, capoeira avançada e floresta), e ser um *input* para originar a classificação integrada (culturas temporárias, pecuária dominante de corte, água, culturas permanentes, sistemas agro florestais, pasto degradado, pousio de culturas temporárias, capoeira intermediária, culturas permanentes em formação, floresta inexplorada, manejo floresta e silvicultura).

Por esta lógica, a classificação *isodata* sempre terá qualidade melhor que a classificação integrada, entretanto, buscamos analisar a qualidade deste mapeamento sobre uma outra ótica, ou seja, validando-a em função da verdade de campo, calculando o que foi denominado como matriz de erros e índice de kappa normalizados, cujos resultados são mostrados pela Tabela 49.

Tabela 49 - Matriz de Erros Normalizada para a classificação *isodata*

Classes <i>Isodata</i> Normalizada		PDC	CT	PDeg	PT	CPF	SAF	FI	MF	Resí- duo	To- tal	Erro de Omissão (%)	Acurácia (%)
		Agropecuária		Cap. Inicial	Cap. Interm.	Cap. Avanç.	Floresta						
PDC.	Agro- pecuá- ria	5,5		0	0	0	0	0	0	5,5	11	50,0%	50,0%
CT	Cap. Inicial	0	1			0	1	2	4	75,0%	25,0%		
PDeg	Cap. Interm	0	0	2	0	0	0	2	2	0,0%	100,0%		
PT	Cap. Avanç.	0	0			2	0	0	2	0,0%	100,0%		
CPF	Flo- resta	0	0	0	0	0	7	7	14	50,0%	50,0%		
SAF		0	0	0	0	0	0	0	0				
FI		0	0	0	0	0	0	0	0				
MF		0	0	0	0	0	0	0	0				
Resíduo		0	0	0	0	0	0	0	0				
Total		5,5	1	2	2	8	14,5	33					
Erro de Omissão (%)		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	12,5%							
Acurácia (%)		100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%							

Acurácia total (%) = 53,03%

Fonte: Processamentos do próprio autor.

Na Tabela acima foi inserida a classe "resíduo", cujos valores normalizaram a generalização da classificação *isodata*, ponderando o peso da sua análise em função das possíveis classes encontradas na verdade de campo. No cálculo tradicional do índice kappa, ao se considerar a precisão da classe "floresta", conforme tabela 30, a acurácia foi de 100,0%, porém a verdade de campo gerou as classes manejo florestal e floresta inexplorada, com isso o peso do acerto para esta classe foi multiplicado por 1/2, e a diferença deste resultado correspondeu ao "resíduo".

O número (N) de amostras foi 33 e a diagonal principal (DP), que corresponde ao número de acertos foi 17,5. A equação 6.18 detalha os procedimentos para medição do valor de kappa normalizado *isodata*.

$$\begin{aligned}
 ef1 &= (\text{linha total1} * \text{coluna total1}) / \text{soma total} \\
 ef1 &= (5,5 * 11) / 33 = 1,83 \\
 ef2 &= (\text{linha total2} * \text{coluna total2}) / \text{soma total} \\
 ef2 &= (1 * 4) / 33 = 0,12 \\
 ef3 &= (\text{linha total3} * \text{coluna total3}) / \text{soma total} \\
 ef3 &= (2 * 2) / 33 = 0,12 \\
 ef4 &= (\text{linha total4} * \text{coluna total4}) / \text{soma total} \\
 ef4 &= (2 * 2) / 33 = 0,12 \\
 ef5 &= (\text{linha total5} * \text{coluna total5}) / \text{soma total} \\
 ef5 &= (8 * 14) / 33 = 3,39 \\
 \Sigma ef &= 1,83 + 0,12 + 0,12 + 0,12 + 3,39 = 5,58 \\
 K &= (17,5 - 5,58) / (33 - 5,58) = 11,92 / 27,42 \\
 K &= 0,43
 \end{aligned}$$

(Eq. 6.18 - Índice de Kappa Normalizado *Isodata*)

Fonte: Processamentos do próprio autor.

O índice de kappa normalizado *isodata* atingiu valor de 0,43, considerada como "boa", mas bem abaixo de 0,78 (kappa integrado), ratificando sua menor capacidade de explicar a realidade.

7 NOTAS CONCLUSIVAS

A Rede Amazônia Sustentável coletou detalhadamente uma gama variada de dados que proporcionaram diversos tipos de abordagens pela multidisciplinar equipe de pesquisa participante do projeto, voltados principalmente para investigar indicadores de sustentabilidade ambiental nas regiões de Paragominas e Santarém. O propósito aplicado nesta Tese incluiu tratamento às propriedades entrevistadas de qualificação dos tipos de trajetórias tecnológicas prevalentes que dizem muito a respeito sobre como a unidade produtiva trabalha e se relaciona com a terra, considerando os módulos: produção, custos, força de trabalho e remuneração externa, integrados com as ferramentas de geotecnologias.

A delimitação espacial dos estabelecimentos rurais entrevistados consistiu um ponto determinante, fazendo-se necessário um grande esforço para sua materialização, constituindo um importante produto compartilhado aos participantes da Rede Amazônia Sustentável, haja vista que no questionário socioeconômico ambiental foram registrados apenas a coordenada geográfica da sede e um croqui com as dimensões da propriedade, mas que serviram como principais insumos para construção do arquivo vetorial dos limites dos territórios investigados.

Outro importante insumo utilizado que auxiliou na delimitação das propriedades foi a base digital do Cadastro Ambiental Rural (CAR), disponível para algumas propriedades já cadastradas, tratando-se de um sistema eletrônico de identificação georreferenciada da propriedade ou posse rural, que faz parte do Programa Federal de Apoio à Regularização Ambiental de Imóveis Rurais. Este sistema objetiva a identificação e a regularização ambiental das propriedades e posses rurais, com grande potencial para análises integradas ao nível de propriedade, tal qual foi executado nesta Tese.

A integração de dados de diferentes fontes representou uma importante ação para melhor representar os processos que ocorreram nas 479 propriedades rurais entrevistadas nas regiões de Paragominas e Santarém, e o desafio é grande ao ser aplicado análises integradas ao nível de Amazônia, ressaltando a importância de que as pesquisas e programas de monitoramentos governamentais já realizadas nessa escala, como os censos agropecuários (IBGE) e o monitoramento ambiental via PRODES/*TerraClass* (INPE) por exemplo, possam ser compatíveis entre si, possibilitando o desenvolvimento de indicadores com informações agregadas, mais

adequadas para entender e intervir na realidade socioeconômica ambiental amazônica e aperfeiçoar os indicadores aí existentes.

Os dados provenientes de sensoriamento remoto possuem uma série de limitações, entre elas a data de passagem, não sendo possível muitas vezes reunir dados em um determinado período de interesse. Isso ficou comprovado quando a classificação primária *isodata* utilizou uma cena de satélite com a data de passagem do mesmo ano de referência da produção coletada pelo questionário de campo (2009), enquanto que o dado da classificação proveniente do *TerraClass* só possuía disponíveis os anos 2008 e 2010.

Independente das análises estatísticas de correlação pareada e regressão linear multivariada, aplicadas ao BD Celular (resolução espacial 60m x 60m) por meio do *software* R, não terem resultado num bom ajuste para explicação das variáveis dependentes, tratou-se de uma técnica que verificou o grau de correlação e o poder de explicação das variáveis de uso do solo e ambientais, destacando-se que os melhores resultados foram obtidos pela classificação integrada, que associou os dados *isodata* com os dados de produção, em detrimento a classificação PRODES, *TerraClass* e a própria *isodata* sem integração. Ressalta-se ainda que para a trajetória patronal T3 o R^2 ajustado foi similar entre os resultados *TerraClass* e os da classificação integrada.

Trata-se de um primeiro modelo celular construído para avaliar o poder de explicação de um conceito amplo que são as trajetórias tecnológicas, e outras possibilidades de estruturação podem ser testadas para buscar melhores resultados.

As métricas de paisagem apresentaram valores mais favoráveis às combinações patronais em relação às camponesas no âmbito ecológico e ambiental, muito em função da grande concentração de terra nas patronais. Entretanto, reforçamos que a modalidade camponesa apresentou indicadores de valor bruto da produção em relação à área total superiores aos patronais, além da presença da sustentável trajetória T2 na região de Santarém.

Conformar-se com o índice kappa da classificação *isodata* (0,87), que possui classes genéricas (baixa entropia da informação), superior ao kappa da classificação integrada (0,78) é um contrassenso ao propósito de demonstrar a complexidade da realidade trabalhado nesta Tese, razão pela qual foi calculado o índice de kappa *isodata* normalizado, que fez uma análise inversa, confrontando a verdade de campo com o mapeamento da classificação de sensoriamento remoto, e o resultado encontrado foi de 0,43, comprovando a limitação do poder de explicação que este dado possui.

Utilizando os dados do censo agropecuário 1995-96, Costa qualificou 6 diferentes tipos de trajetórias atuantes na região, e dez anos depois no censo agropecuário posterior, encontrou uma trajetória distinta das anteriormente encontradas, denominada de patronal T7 e que se fez presente na unidade amostral da região de Santarém, comprovando a sua força e capilaridade. E, considerando o dinamismo das trajetórias, mais recentemente Costa identificou uma nova trajetória, que é a camponesa.T8, também identificada na área de estudo, especificamente em Paragominas. Ambas as trajetórias mais recentes (Patronal.T7 e Camponesa.T8) possuem grande participação na atividade produtiva de plantação de culturas temporárias.

Os processos que ocorrem em nível regional e até mesmo em nível Amazônico muitas vezes são diferentes dos que ocorrem pontualmente em determinado local, como Paragominas e Santarém, e muitas vezes certa atividade de produção pode ser importante para uma dada região, a ponto de se constituir numa trajetória tecnológica, mas em uma escala macro, perde representatividade. Dos 5 tipos de trajetórias encontrados nas área de estudo, 4 apresentaram ajustamento com as trajetórias clássicas definidas por Costa, que foram as camponesas T2, a mais sustentável ambientalmente, e a T3, com características voltadas a pecuária, convertendo o ecossistema original em pastagem; além das patronais T4, também especializada em pecuária, e a T7, que é originária da T4, mas caracterizada pela forte relação com as culturas temporárias em comparação ao seu tipo de produção original. A outra trajetória foi a camponesa T8, estabelecida em Paragominas, baseada principalmente nas culturas temporárias, que se constitui numa trajetória bastante originária, mas que até o censo agropecuário 2006, não tinha participação ao nível de região Norte para se consolidar como uma nova trajetória, e que ao longo do tempo vem aumentando sua importância regional.

A criação do banco de dados desenvolvido nesta Tese permite a conexão de todos os módulos levantados pelo questionário socioeconômico ambiental, tais como o manejo do fogo, migração, crédito, caça e perspectivas futuras de uso da terra, além das variáveis criadas para adaptar a metodologia aqui empregada (valor bruto da produção, combinação de grupos de produtos, renda líquida, etc.) e que podem ser investigados a partir da vinculação com os tipos de trajetórias tecnológicas classificados, abrindo uma extensa lista de futuros trabalhos para interessados nesta linha de pesquisa.

Por fim, a metodologia aplicada logrou êxito, espacializando as propriedades rurais segundo seus tipos de trajetórias tecnológicas e gerando classes de uso mais

representativas, como cultura temporária e pastagem, mas que na classificação via sensoriamento remoto *isodata* é englobada apenas pela classe “agropecuária”, possibilitando uma visão mais realista das atividades de produção desenvolvidas na área investigada, concretizando a geração de informações espaciais integrando dados de diferentes fontes e o aumento do poder de leitura do *pixel*.

Os produtos resultantes da aplicação de metodologias desta natureza se sobressairão em relação aos outros, visto que a entropia da informação total que produzem em relação à realidade são superiores, transformando um mapa de pixels em mapa de realidade.

REFERÊNCIAS

- ACEVEDO MARIN, Rosa Elizabeth. Importância da História, da Geografia e da Cartografia na Análise da Formação Social e Territorial da Amazônia. In: MONTEIRO, Maurílio de Abreu; COELHO, Maria Célia Nunes; BARBOSA, Estevão José da Silva (Organizadores). **Atlas Socioambiental: Municípios de Tomé-Açu, Aurora do Pará, Ipixuna do Pará, Paragominas e Ulianópolis**. Belém - PA: NAEA, 2009. 463 p.
- ADAMS, Jean B.; SMITH, M. O.; GILLESPIE, A. R. Imaging spectroscopy: Interpretation based on spectral mixture analysis. In: PIETERS, V. M.; ENGLERT, P. (Eds.). **Remote geochemical analysis: elemental and mineralogical composition**. New York: Cambridge University Press, 1993. p. 145-166. v. 7.
- AGUIAR, Ana Paula; ANDRADE, Pedro Ribeiro de; FERRARI, Priscila Gregati. **Preenchimento de células**. Apostila da Disciplina de Pós Graduação Modelagem de Mudanças de Uso e Cobertura da Terra. DPI/INPE. 2008. São José dos Campos – SP. 11 p.
- AMAZONAS, Tânia Mara Moraes. **Histórico econômico de Santarém**. 2011. Disponível em: <<http://www.santarem.pa.gov.br/conteudo/?item=190&fa=60>>. Acesso em: 26 dez. 2011.
- ANDRADE NETO, Pedro Ribeiro de; CARRERO, Marcos A.; RIBEIRO JÚNIOR, Paulo Justiniano. **aRT: API R-TerraLib**. Curitiba, PR: UFPR, 2005. 19 p.
- ANUÁRIO DO PARÁ 2011-2012. **Jornal Diário do Pará**, v. 2, n. 2. 2011. Belém-PA. 658 p.
- ARTHUR, W. B. **Increasing Returns and Path Dependence in the Economy**. Michigan: The University of Michigan Press, 1994.
- ASSAD, Eduardo Delgado; SANO, Edson Eyji. **Sistema de Informações Geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília- DF: Serviço de Produção de Informação – SPI, 1998. 434p.
- BATISTELA, Mateus; BRONDIZIO, Eduardo S.; MORAN, Emilio F. Comparative analysis of landscape fragmentation in Rondônia, Brazilian Amazon. In: INTERNATIONAL ARCHIVES OF PHOTOGRAMETRY AND REMOTE SENSING. Amsterdam, v. XXXIII, part B7, 2000. p. 148 - 155.
- BECKER, Bertha Koiffmann; COSTA, Francisco de Assis; COSTA, Wanderley Messias da. **Um projeto para a Amazônia no século 21: desafios e contribuições**. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE, 2009, 428 p.
- BONA, Anderson Andrei de. **Algoritmo de otimização combinatorial: uma proposta híbrida utilizando os algoritmos *simulated annealing* e genético em ambiente**

multiprocessado. 2005. 54 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2005.

BOTEQUILHA - LEITÃO, André.; AHERN, Jack. Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. **Landscape and Urban Planning**, v. 59, p. 65 – 93, 2002.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo código florestal. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília-DF, 16/09/1965.

_____. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Observatório Nacional**. Disponível em: <http://www.on.br/glossario/alfabeto/e/espec_eletro.html>. Acesso em: 25 nov.2005.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento. **Projeto CD Brasil visto do espaço**. 2006. Disponível em:<<http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br/txt/landsat.htm#orbita>>. Acesso em: 30 jun. 2012.

_____. Ministério da Agricultura. Pecuária e Desenvolvimento. **Projeto CD Brasil visto do espaço**. 2011. Disponível em: <<http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br/txt/landsat.htm#orbita>>. Acesso em: 30 dez. 2011.

BURROGH, P.A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford: Clarendon, 1986.

CÂMARA, Gilberto; VALERIANO, Dalton. Morisson.; SOARES, J. V. **Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal**. 2006. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/metodologia.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2011.

CEUB/ICPD - Instituto CEUB de Pesquisa e Desenvolvimento. **Curso de GPS e cartografia básica..** Brasília, DF: 2004, 115 p.

COELHO, Maria Célia Nunes; MONTEIRO, Maurílio de Abre. Frentes de Ocupação e Exploração Econômica no Século XX. In: MONTEIRO, Maurílio de Abreu; COELHO, Maria Célia Nunes; BARBOSA, Estevão José da Silva (Organizadores). **Atlas Socioambiental: Municípios de Tomé-Açu, Aurora do Pará, Ipixuna do Pará, Paragominas e Ulianópolis**. 2009. NAEA, Belém - PA. 463 p.

CONCEIÇÃO, Gleice Margarete de Souza; ALENCAR, Airlane Pereira; ALENCAR, Gizelton Pereira. **Noções básicas de Estatística**. Curso de Capacitação em Epidemiologia Básica e Análise da Situação da Saúde. 2012. Brasília - DF. 18 p. Disponível em: <portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/apostila_estatistica.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2012.

COSTA, Francisco de Assis. O investimento camponês: considerações teóricas. **Revista de Economia Política**, São Paulo, SP, v. 15, n. 1., p. 83-100, 1995.

_____. Questão agrária e macropolíticas para a Amazônia. **Estudos Avançados**, São Paulo - SP, v. 19, n. 53, p. 131-156, jan./abr., 2005.

_____. Questão agrária na Amazônia e os desafios estratégicos de um novo desenvolvimento. In: BECKER, Bertha Koiffmann; ALVES, D.; COSTA, Wanderley Messias da (Organizadores). **Dimensões humanas da biosfera-atmosfera na Amazônia**. São Paulo, SP: Ática, 2007, p. 20-50.

_____. Dinâmica Agrária e Balanço de Carbono na Amazônia. **Revista Economia**, v. 10, n. 1, p. 117-151, jan./abr.,/2009a.

_____. Trajetórias tecnológicas como objeto de política de conhecimento para a Amazônia: uma metodologia de delineamento. **Revista Brasileira de Inovação**, Rio de Janeiro - RJ, v. 8, n. 1, p. 35-86, jan./jun. 2009. 2009b.

_____. Desenvolvimento agrário sustentável na Amazônia: trajetórias tecnológicas, estrutura fundiária e institucionalidade. In: BECKER, B.; COSTA, F. A.; COSTA, W. M. **Desafios ao Projeto Amazônia**. Brasília, DF: CGEE, 2009c. p. 215-363.

_____. Mercado e produção de terras na Amazônia: avaliação referida a trajetórias. **Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) Ciências Humanas**, Belém - PA, v.5, n. 1, p. 25 - 39, jan./abr., 2010.

_____. Trajetórias tecnológicas como objeto de política de conhecimento para a Amazônia: uma metodologia de delineamento. In: AMARAL FILHO, Jair do; CARRILLO, Jorge (Coordenadores). **Trajetórias de desenvolvimento local e regional: uma comparação entre a região nordeste do Brasil e a Baixa Califórnia (México)**. Rio de Janeiro, RJ: Ed. e-papers, 2011. 400 p.

_____. **Elementos para uma economia política da Amazônia: historicidade, territorialidade, diversidade, sustentabilidade**. Belém: NAEA, 2012. 468 p. (Coleção Economia Política da Amazônia. Série II -Fundamentos teórico-metodológicos; v. 2).

_____. **Integração de dados de sensoriamento remoto com estatísticas: modelos e acurácia**. Resultados do procesamento do algoritmo de otimização probabilística. 2014a. Belém -PA.

_____. Qualificando pixels, significando mapas: notas sobre reclassificação de imagens digitais georeferenciadas sob o testemunho de estatísticas e avaliação da entropia da informação. **Papers do NAEA**, Belém, PA, n. 329, set., 2014b, 20 p.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Sistema de Informações Geográficas (SIG - PARÁ)**. Belém, PA, 2008. Escala 1:1.000.000.

CRUZ, Claudia. **Estudo dos efeitos da fragmentação da Floresta Nacional sobre os padrões de diversidade de líquens epífitos**. 2012. 127 p. Dissertação de Mestrado – Universidade do Porto, Porto - Portugal, 2012.

DE BIASE, M. A Carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. **Revista de Geografia**, São paulo, v. 6, p. 45-60, 1993.

DNPM - Departamento Nacional da Produção Mineral (Brasil). **Levantamento de Recursos Naturais**, volume 10: Folha SA.21 - Santarém (geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra). Rio de Janeiro: 1976, 502 p.

DOLFUS, O. **O espaço geográfico**. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro: 1991.

DOSI, Giovanni. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change, **Revista Brasileira de Inovações**, Rio de Janeiro, v. 5, n.1, p. 17-32, jan./jun.. 2006.

DRUK, Suzana et al. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2004. 190 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Levantamento de informações de uso e cobertura da terra na Amazônia**. Belém - PA, 2011. 36 p.

ESRI - ENVIRONMENTAL RESEARCH INSTITUTE. **ArcGIS Desktop Help**. California, USA: 2009, 4 p.

FARINA, Almo. **Principles and methods in landscape ecology**. London: Chapman & Hall, 1998. 235 p.

FARR, Tom G. et al. The Shuttle Radar Topography Mission. **Reviews of Geophysics**. 2007. 43 p. Disponível em: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/SRTM_paper.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2012.

FEARNSIDE, Philip. M. Greenhouse gas emissions from land use change in Brazil's Amazon region. In: LAL, R., KIMBLE, J. M., STEWART, B. A., (Eds). **Global Climate Change and Tropical Ecosystems, Advances in Soil Science**. Florida, USA: CRC Press; Boca Raton, 2000.

FIGUEIREDO, Divino. **Conceitos básicos de sensoriamento remoto**. 2005.30 p. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf>. Acesso em: 30 set. 2013.

GOODMAN, David; SORJ, Bernardo; WILKINSON, John. **Da lavoura às biotecnologias: agricultura e indústria no Sistema Industrial**. Rio de Janeiro: Campus, 1988. 192 p.

GOLDBARG, Marco Cesar; LUNA, Henrique Pacca L. **Otimização combinatória e programação linear: modelos e algoritmos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. 518 p.

GLOBALGEO - GlobalGEO Geotecnologias. **Satélite RapidEye**. 2011. Disponível em: < <http://www.globalgeo.com.br/satelite/rapideye/>>. Acesso em: 22 out. 2013.

HAIR JÚNIOR, Joseph. F. et al. **Multivariate data analysis**. New Jersey,- USA: Prentice Hall. 1998. 899 p.

HAYAMI, Yujiro; RUTTAN, Vernon W. **Agricultural development: an international perspective**. Baltimore, Maryland, USA: The Johns Hopkins University Press, 1900. 512 p.

HESSBURG, Paul; SMITH, Brad. **Dinâmicas de paisagem de Média-Escala**. 1997. Disponível em: <<http://www.icbemp.gov/science/abstrct.htm>>. Acesso em: 10 nov. 2013.

IBAMA. Pará: Autos de Infração do Estado do Pará (2000-2008). Belém, PA, 2009.

IBGE. Manual técnico de uso da terra. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 91 p.

_____. **Censo Agropecuário 2006: resultados preliminares**. Rio de Janeiro, 2007a. 141 p.

_____. **Agricultura familiar 2006**. 2007b. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Agropecuario_2006/agri_familiar_2006/>. Acesso em: 20 jan. 2012.

_____. **Censo 2010**. 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 11 mar. 2012.

_____. **Censo Agropecuário de 1995-1996**. 2012. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/1995_1996/default.shtm>. Acesso em: 31 mar. 2012.

IBM - IBM SPSS Statistics. **SPSS Statistics: Put the power of advanced statistical analysis in your hands**. 2013. Disponível em: <<http://www-01.ibm.com/software/analytics/spss/products/statistics>>. Acesso em: 03 jul. 2013.

INCRA. **Santarém: base regional de limites de propriedades**. Santarém, PA, 2005. Escala 1:100.000.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Banco de Dados de Queimadas**. 2002. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>>. Acesso em: 16 fev. 2012.

_____. **Monitoramento de Áreas de Florestas Degradadas na Amazônia – DEGRAD**. 2009a. Disponível em: <http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=1901>. Acesso em: 16 fev. 2012.

_____. **Metodologia para mapeamento de vegetação secundária na Amazônia Leal**. 2009b. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m19@80/2009/11.23.17.06>>. Acesso em: 27 jul. 2012.

_____. **TerraView 4.1.0. São José dos Campos - SP**, 2010. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/terraview>>. Acesso em 05 jan. 2012.

_____. **TerraLib. São José dos Campos - SP**, 2011a. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/terralib/php/about.php?body=AboutTL>>. Acesso em: 29/12/2011.

_____. **Projeto TerraClass. Belém - PA**, 2011b. Disponível em: <http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass.php>. Acesso em: 27 jan. 2012.

_____. **Desflorestamento nos Municípios da Amazônia Legal para o ano de 2010**. 2011c. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>>. Acesso em: 03 dez., 2011.

_____. **Catálogo de Imagens. São José dos Campos - SP**, 2012. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR>>. Acesso em: 28 jan. 2012.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ - IDESP. **Estatística Municipal de Paragominas/PA**. 2011. Belém - PA. 46 p. Disponível em: <http://www.idesp.pa.gov.br/paginas/produtos/_Estatistica_Municipal/pdf/Paragominas.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2012.

JACINTHO, Luiz Roberto de Campos. **Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto como ferramentas na Gestão Ambiental de Unidades de Conservação: O caso da área de proteção (APA) do Capivari-Monos**. 2003. 121 f. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

JENSEN, John R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução José Carlos Neves Epiphanyo. 2 ed. São José dos Campos - SP: [S.l.], 2009. 598 p.

JOHNSON, Richard A.; WICHERN, Dean W. **Applied multivariate statistical analysis**. New Jersey: Pearson Prentice Hall, , 2007. 773 p. v. 6.

LANG, Stefan; BLASCHKE, Thomas. **Análise da Paisagem com SIG**. Tradução Hermann Kux. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2009. 424 p.

LEITE, Chrstiane Cavalcante et al. Historical reconstruction of land use in the Brazilian Amazon (1940 - 1995). **Journal of Land Use Science First**, p. 1-20, 2010.

KERLINGER, Fred N. **Metodologia das Ciências Sociais**. São Paulo: Ed. EPU, 1980. 378 p.

KEYNES, John Maynard. **A Teoria geral do emprego do juro e do dinheiro**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1967.

KUX, H. J. H; BLASCHKE, T. **Sensoriamento Remoto e SIG Avançados – novos sistemas sensores, métodos inovadores**. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2005, 286 p.

LU, D. et al. Mapping and monitoring land degradation risks in the Western Brazilian Amazon using multitemporal Landsat TM/ETM+ images. **Land Degradation & Development, Wiley InterScience**, n. 18, p. 41- 54.2006.

MAGUIRE, D. J. An overview and definition of GIS. In: MAGUIRE, D.J.; GOODCHILD, M.F.; RHIND, D. W., (eds). **Geographical information systems: principle and applications**. New York, John Wiley & Sons, . p-9-20, 1991

MCGARIGAL, Kevin; ENE, Eduard. **Fragstats 4.1 - A spatial pattern analysis program for categorical maps**. 2012. Disponível em: <<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>>. Acesso em: 03 jan., 2014.

MOREIRA, Maurício Alves. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação**. Viçosa - MG: UFV, 2005. 320 p.

NALEBUFF, B.J. BRANDENBURGER, A.M. **Coopetição**. Rio de Janeiro: Rocco, 1996.

NEVES, Paulo Eduardo. **Imagens CBERS**. 2012. Disponível em: <<http://www.cbbers.com.br/cbbers.html>>. Acesso em: 11 jan. 2012.

NOGUEIRA, Pedro de Brito. **Metodologia de otimização probabilística de estratégias de produção baseada em algoritmos genéticos**. 2004. 124 f. Dissertação de Mestrado – Universidade do Campinas, Campinas - SP, 2004.

NOVO, Evelyn Márcia Leão de Moraes. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 1989. 308 p.

ORACLE - Oracle Corporation. **Manual de Referência do MySQL 4.1**. 2010. Disponível em: <<http://dev.mysql.com/doc/refman/4.1/pt/what-is.html>>. Acesso em 05 jan. 2012.

PARA. Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA). Sistema Integrado de Monitoramento e Licenciamento Ambiental (SIMLAM). **Empreendimentos Cadastrados**. 2012. Disponível em: <<http://monitoramento.sema.pa.gov.br/simlam/>>. Acesso em: 16 fev. 2012.

_____. Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA). **Cadastro Ambiental Rural - Núcleo de Tecnologia da Informação**. 2013. Disponível em: <http://www.sema.pa.gov.br/download/Apresentacao_Didatica_do_CAR.pdf>. Acesso em: 22 out. 2013.

PARÁ. Tribunal Superior Eleitoral – TSE. **Agência de Notícias da Justiça Eleitoral**. 2010. Disponível em: <<http://agencia.tse.gov.br/sadAdmAgencia/noticia> Search. do?acao=get&id=1288489>. Acesso em: 08 jan. 2012.

_____. Tribunal Superior Eleitoral – TSE. **Resolução N° 23.110**. Processo Administrativo N° 18.399 – Classe 19ª – Santarém – Pará. 2009. Disponível em: <http://www.tse.jus.br/@@request_process>. Acesso em: 08 jan. 2012.

PETERNELLI, Luiz Alexandre, MELLO, Márcio Puppim de. **Conhecendo o R: uma visão estatística**. Viçosa, MG:UFV, 2011. 185 p.

PINTO, Lúcio Flávio. **Memórias de Santarém**. Santarém - PA: Ed. O Estado do Tapajós, 2010. 420 p.

PRADO, E. F. S. Conceitos de ação racional e os limites do enfoque econômico. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 119-134, jan./mar. 1993.

RAS - **Rede Amazônia Sustentável**. 2012. Disponível em: <<https://projetoamazoniasustentavel.teamworkpm.net/dashboard>>. Acesso em: 03 fev. 2012.

RICHARDS, J. A. **Remote Sensing Digital Images Analysis: an introduction**. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 340 p.

RIITERS, K. H. A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. **Landscape ecology**, Amsterdam, v. 10, n. 1., p. 23-39, 1995.

ROCHA, Cezar Henrique Barra. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora-MG: Ed. do Autor, 2002. 220 p.

RUDOLPHO, Lucas da Silva et al. Aplicação de técnicas de geoprocessamento e métricas da paisagem na análise temporal da cobertura florestal da Bacia do Ribeirão Fortaleza em Blumenau/SC. In: ANAIS XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16. 2013. Foz do Iguaçu – PR. **Anais....**, Foz do Iguaçu, PR, 2013. p. 1742-1749.

SANTOS, Flávio Augusto Altieri dos. **Processamento digital de imagem de sensoriamento remoto: noções básicas**. Manaus, AM: Agência de Cooperação Técnica, 2002. 41 p.

SANTOS, Leandro da Silva; CARNEIRO, Tiago Garcia de Senna. **Roteiro para uso da interface do plugin**. Tutorial. Ouro Preto - MG. 2011. 15 p. Disponível em: <http://www.terralab.ufop.br/dokuwiki/lib/exe/fetch.php?id=terralab%3Acurso%3Ageo%3Amaterial&cache=cache&media=terralab:curso:model:tutorial:tutorial_plugin_preenche_celulas.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2011.

SANTOS, Renato Prado dos. **Introdução ao ArcGIS© - Conceitos e Comandos**. Apostila do Curso de ArcGIS. Curitiba - PR, 2008. 41 p.

SICSÚ, Abraham Benzaquen; ROSENTHAL, David. Idéias fundadoras: apresentando um texto paradigmático. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas - SP, v.5, n.1, p. 1-24, 2006.

SILVA, Ardemirio de Barros. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas - SP.: UNICAMP, 1999. 236 p.

SIPAM - Sistema de Proteção da Amazônia. **Relatório Técnico Final: missão 2008**. Manaus - AM: SIPAM/SAR-MMA, 2008. 148 p.

_____. **Centro Regional de Belém: base de estradas não-oficiais**. Belém, PA. 2011. Escala 1:100.000.

SIPAM. Sistema de Proteção da Amazônia; IBGE. **Brasil: base de dados vetoriais**. Brasília, DF, 2004a. Escala 1:250.000.

_____. **Amazônia Legal:** mapeamento temático de geologia, geomorfologia, solos e vegetação. Brasília, DF, 2004b. Escala 1:250.000.

_____. **Amazônia Legal:** base de dados vetoriais de drenagem. Brasília, DF, 2004c. Escala 1:100.000.

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission. 2006. Disponível em: <<http://srtm.usgs.gov/mission.html>>. Acesso em: 15 dez. 2006.

SMITH, T.R. et al. KBGIS-II: aknowledge-based geographical information system, **International Journal of Geographical Systems**, v.1, n.2, p. 149-172, 1987.

SOARES FILHO, Britaldo Silveira. **Análise de paisagem:** fragmentação e mudanças. Belo Horizonte - MG: Departamento de Cartografia, Centro de Sensoriamento Remoto, 1998. 90 p.

SOUZA JÚNIOR., Carlos M.; ROBERTS, D. A.; COCHRANE, M. A. Combining spectral and spatial information to map canopy damage from selective logging and forest fires. **Remote Sensing of Environmental**, v. 98, p. 329 - 343, 2005.

SULSOFT - Serviços de Processamento de Dados Ltda. **Guia do ENVI em Português.** 2006. Disponível em: <<http://www.envi.com.br/>>. Acesso em: 01 jun. 2006.

TANCREDI, Nicola Saverio Holanda; SANTOS, Priscila Maria da Costa; COHENCA, Daniel. Esforço do laboratório de geoprocessamento da Gerência Executiva do IBAMA em Santarém para o monitoramento ambiental da região oeste do Pará. In: SBSR, 14. 2009. **Anais.....**, Natal - RN, 2009.

TANCREDI, Nicola Saverio Holanda et al. Utilização de dados estáticos e dinâmicos no monitoramento das Áreas Especiais do Estado do Pará. In: SBSR, 15, 2011. Curitiba - PR. **Anais.....**, 2011, Curitiba. 7 p.

TERADA, Routh. **Desenvolvimento de Algoritmos e Estrutura de Dados.** São Paulo : McGraw-Hill., 1991. 252 p.

TIMBÓ, Marcos. A. **Elementos de cartografia.** Belo Horizonte, MG: Departamento de Cartografia – Universidade Federal de Minas Gerais, 2001. 59 p.

TMACKINNON. Tmackinnon.com. 2005. Disponível em:<<http://tmackinnon.com/2005/gis/gis1.gif>>. Acesso em: 11 jan. 2012.

USGS – United States Geological Survey. Revised Landsat 5 Thematic Mapper Radiometric Calibration. In: CHANDER, Gyanesh; MARKHAM, Brian L.; BARSİ, Julia A. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, v.. 4, n. 3, jul.2007. 5 p. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/documents/L5TM_postcal>. Acesso em: 19 ago. 2011.

_____. **Geological Survey. USGS Newsroom.** 2011. Disponível em: <http://www.usgs.gov/newsroom/article.asp?ID=3040&from=rss_home>. Acesso em: 09 jan. 2012.

VALERIANO, Márcio de Morisson. **TOPODATA**: guia de utilização de dados geomorfométricos locais. São José dos Campos: INPE, 2008. 44 p.

VERBURG, Peter H. et al. Modelling the Spatial Dynamics of Regional Land Use: The CLUE-S Model. **Environmental Management**, v. 30, n. 3, p. 391-405, 2002.

_____. **The CLUE Modelling Framework**: The Conversion of Land Use and its Effects. Course Material. Amsterdam: University Amsterdam: Institute for Environmental Studies, 2010. 53 p.

WIKIPEDIA. **Wikipedia Foundation**. 2006. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/great_observatories_program>. Acesso em: 05 jan. 2006.

WORBOYS, M.F. **GIS**: A computing perspective. London, UK: Taylor & Francis, 1995.

ANEXO

ANEXO A – Linhas de Comando da Otimização Probabilística

‘INTEGRAÇÃO DE DADOS ESTATÍSTICOS COM RESULTADOS ISODATA
‘MÓDULO: BASE DE DADOS PRIMÁRIOS
‘DESENVOLVIMENTO: FRANCISCO DE ASSIS COSTA
‘LINGUAGEM: VISUAL BASIC

'Declaração de variáveis Dim CódigoDaClasse As Double Dim StatusTarefaPCT As Double Dim StatusIncremento As Double Dim QtdeDeCasos As Integer Dim Contador As Integer Dim contador1 As Integer Dim contador2 As Integer Dim contador3 As Integer Dim contador4 As Integer
--

Dim IdEstabelecimentoPixel() As Double 'Número que identifica os estabelecimentos definidos por imagem Dim AreaHaEstabelecimentoPexel() As Double 'Área dos estabelecimento definidos por imagem Dim IdClassePixel() As Double 'Classes definidas a partir da imagem Dim CodClassePixel() As Integer 'Código da classe definida por imagem Dim NomeClassePixel() As String Dim AreaHaClassePixel() As Double Dim IdEstratoMunicipioEstat() As Double Dim QtdeEstratoMunicipioEstat As Double 'Quantidade de relações "estrato de áreaxmunicípio existem" Dim QtdeEstabEstratoMunicipioEstat() As Double 'Quantidade de estabelecimentos numa relação "estrato de áreaxmunicípio" Dim QtdePropriedade As Double Dim AreaHaEstratoMunicipioEsta() As Double Dim QtdeClasses Dim QtdeMódulosNoEstratoMunicipio As Integer Dim QtdeMódulosNaPropriedade As Integer

Dim VariávelEstab(20) As String Dim pctMóduloVBP() As Double Dim pctMóduloÁrea() As Double Private Sub Command3_Click() 'Algoritmo considerando dados primários.

Dim CódigoDaClasse As Double Dim StatusTarefaPCT As Double Dim StatusIncremento As Double

```

Dim SaldoPixel As Double
Dim SaldoTemporáriaEstat As Double
Dim SaldoPastoEstat As Double
Dim SaldoFlorestaEstat As Double
Dim SaldoSilviculturaEstat As Double
Dim SaldoManejoEstat As Double
Dim SaldoPermanentesEstat As Double
Dim SaldoSAFEstat As Double
Dim IdPropriedade() As String
Dim QtdePropriedade As Integer
Dim Contador As Integer
Dim contador1 As Integer
Dim contador2 As Integer
Dim contador3 As Integer
Dim Ano(3) As String

```

```
'Valor de variáveis.
```

```

VariávelEstab(1) = "AreaModuloEstat"
VariávelEstab(2) = "ResíduoÁreaPixel"
VariávelEstab(3) = "TipoModuloEstat"

```

```

Ano(1) = "Ano1"
Ano(2) = "Ano2"
Ano(3) = "Ano3"

```

```

'Estabelecimento da base de dados
Dim bd1 As Database
Dim td1 As TableDef
Dim cp(42) As Field
"TabelaDesaída = "MatrizDeEstimativas" + CStr(Time)
Set bd1 =
OpenDatabase("C:\Users\projeto\Chiquito\Orientação\NicolaTancredi\PixelEstatísticas
97.mdb")
Set td1 = bd1.TableDefs("MatrizCompostaPixelEstatísticas")

```

```
'Criação dos campos necessários.
For contador1 = 1 To 3
  For contador2 = 1 To 3
    If contador1 = 3 Then
Set cp(contador1) = td1.CreateField((VariávelEstab(contador1) & Ano(contador2)),
dbText)
Else
  Set cp(contador1) = td1.CreateField((VariávelEstab(contador1) &
Ano(contador2)), dbDouble)
    End If
    td1.Fields.Append cp(contador1)
  Next contador2
Next contador1
```

```
'Qualificação das classes considerando os valores de pixel (imagem).
Data2.RecordSource = "Select distinct IdEstratoMunicipioEstat from
MatrizCompostaPixelEstatísticas"
Data2.Refresh
Data2.Recordset.MoveLast
QtdePropriedade = Data2.Recordset.RecordCount
Data2.Recordset.MoveFirst
Data2.Refresh
ReDim IdPropriedade(QtdePropriedade)
For contador1 = 1 To QtdePropriedade
  IdPropriedade(contador1) =
Data2.Recordset.Fields("IdEstratoMunicipioEstat").Value
  Data2.Recordset.MoveNext
Next contador1
```

```
'Preparação da barra de acompanhamento.
StatusTarefaPCT = 0
StatusIncremento = 100 / QtdePropriedade
For contador1 = 1 To QtdePropriedade 'Acompanhamento do status do processamento
```

```
StatusTarefaPCT = StatusTarefaPCT + (StatusIncremento / 2)
```

```
BarraDeAcompanhamento.Value = StatusTarefaPCT
```

'Qualificação, a partir das estatísticas, dos módulos baseados em classes estabelecidas por Solyno.

```
For contador2 = 1 To 6 'A classificação por clustering de pixels.
```

```
  For Contador = 1 To 3 'Os anos
```

```
    Data3.RecordSource = "Select Sum (AreaHaClas) as TotalPixelAreaHaEstab  
FROM MatrizCompostaPixelEstatísticas WHERE IdEstratoMunicipioEstat = " +  
Str(IdPropriedade(contador1)) + " AND CodClassePixel = " + Str(contador2)
```

```
    Data3.Refresh
```

```
    Data4.RecordSource = "Select * from MatrizCompostaPixelEstatísticas  
WHERE IdEstratoMunicipioEstat = " + Str(IdPropriedade(contador1)) + "AND  
CodClassePixel = " + Str(contador2) + " ORDER BY AreaHaClas ASC"
```

```
    Data4.Refresh
```

```
      If Data4.Recordset.RecordCount > 0 Then
```

```
        Data4.Recordset.MoveLast
```

```
          QtdeMódulosNaPropriedade = Data4.Recordset.RecordCount
```

```
          Data4.Recordset.MoveFirst
```

```
  If contador2 = 1 Then 'Qualificando classe "Agropecuária"
```

```
    If Data4.Recordset.Fields("Area_pasto_" & Ano(Contador)).Value +  
Data4.Recordset.Fields("Area_cult_temp_" & Ano(Contador)).Value = 0 Then
```

```
      SaldoPixel =
```

```
Data3.Recordset.Fields("TotalPixelAreaHaEstab").Value
```

```
      SaldoTemporáriaEstat = 0
```

```
      SaldoPastoEstat = 0
```

```
      Data4.Recordset.Edit
```

```
      Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" & Ano(Contador)).Value  
= "Sem correspondência estatística"
```

```
      Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value  
= 0
```



```

        QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
    Else
        If (Data4.Recordset.Fields("VBP_PR" & Ano(Contador) &
"PecLeite").Value - Data4.Recordset.Fields("VBP_PR" & Ano(Contador) &
"PecGrandesAnimais").Value) > 0 Then
            Data4.Recordset.Edit
            Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = "Pecuária dominantemente de Leite"
            Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = (Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value / SaldoPixel) *
(Data4.Recordset.Fields("Area_pasto_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_cult_temp_" & Ano(Contador)).Value)
            Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" &
Ano(Contador)).Value = Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
            Data4.Recordset.Update
            Data4.Recordset.MoveNext
            QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
        Else
            Data4.Recordset.Edit
            Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = "Pecuária dominantemente de Corte"
            Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = (Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value / SaldoPixel) *
(Data4.Recordset.Fields("Area_pasto_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_cult_temp_" & Ano(Contador)).Value)
            Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" &
Ano(Contador)).Value = Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
            Data4.Recordset.Update
            Data4.Recordset.MoveNext
            QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
        End If
    End If
End If

```

```

        End If
        If Data4.Recordset.RecordCount > 1 Then
            If QtdeMódulosNaPropriedade > 0 Then
Do
                Data4.Recordset.Edit
                Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
= "Cult. Temporárias"
                Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = (Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value / SaldoPixel) *
(Data4.Recordset.Fields("Area_pasto_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_cult_temp_" & Ano(Contador)).Value)
                SaldoTemporáriaEstat = SaldoTemporáriaEstat -
Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value
                Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" &
Ano(Contador)).Value = Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
                Data4.Recordset.Update
                Data4.Recordset.MoveNext
                QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
            If QtdeMódulosNaPropriedade = 0 Then
                SaldoTemporáriaEstat = 0
            End If
        Loop Until (SaldoTemporáriaEstat <= 0)
    End If

```

```

        If QtdeMódulosNaPropriedade > 0 Then
Do
            If (Data4.Recordset.Fields("VBP_PR" & Ano(Contador) &
"PecLeite").Value - Data4.Recordset.Fields("VBP_PR" & Ano(Contador) &
"PecGrandesAnimais").Value) > 0 Then
                Data4.Recordset.Edit
                Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = "Pecuária predominantemente de Leite"
            End If
        End If

```

```

        Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = (Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value / SaldoPixel) *
(Data4.Recordset.Fields("Area_pasto_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_cult_temp_" & Ano(Contador)).Value)
SaldoPastoEstat = SaldoPastoEstat - Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value
        Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" &
Ano(Contador)).Value = Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
        Data4.Recordset.Update
Data4.Recordset.MoveNext
        QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
If QtdeMódulosNaPropriedade = 0 Then
        SaldoTemporáriaEstat = 0
        End If
Else
        Data4.Recordset.Edit
        Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = "Pecuária predominantemente de Corte"
        Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = (Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value / SaldoPixel) *
(Data4.Recordset.Fields("Area_pasto_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_cult_temp_" & Ano(Contador)).Value)
SaldoPastoEstat = SaldoPastoEstat - Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value
        Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" &
Ano(Contador)).Value = Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
        Data4.Recordset.Update
Data4.Recordset.MoveNext
        QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
If QtdeMódulosNaPropriedade = 0 Then
        SaldoPastoEstat = 0
        End If
        End If
        Loop Until (SaldoPastoEstat <= 0)

```

```

End If 'Fim da condição de QtdeMódulosNaPropriedade>0.
    End If 'Fim da condição Data4.Recordset.RecordCount > 1.
    End If 'Fim da condição de que a área total das estatísticas seja maior de
zero.
    End If
    End If 'Fim da condição contador2 = 1.
    If contador2 = 2 Then 'Qualificando classe "Floresta"
        If (Data4.Recordset.Fields("Area_floresta_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_silvicultura_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_manejo_" & Ano(Contador)).Value) = 0 Then
            SaldoPixel =
Data3.Recordset.Fields("TotalPixelAreaHaEstab").Value
            SaldoTemporáriaEstat = 0
            SaldoPastoEstat = 0
            Data4.Recordset.Edit
            Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
= "Sem correspondência estatística"
            Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
= 0
            Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" & Ano(Contador)).Value
= Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
            Data4.Recordset.Update
            Data4.Recordset.MoveNext
            QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
        End If 'Fim do If que trata a situação em que o cluster de pixel não tem
correspondência estatística.
    End If 'Fim do If que trata a situação em que o cluster de pixel não tem
correspondência estatística.
    If QtdeMódulosNaPropriedade > 0 Then
        If (Data4.Recordset.Fields("Area_floresta_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_silvicultura_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_manejo_" & Ano(Contador)).Value) > 0 Then
            SaldoPixel =
Data3.Recordset.Fields("TotalPixelAreaHaEstab").Value

```

```

        SaldoFlorestaEstat = SaldoPixel *
(Data4.Recordset.Fields("Area_floresta_" & Ano(Contador)).Value /
(Data4.Recordset.Fields("Area_floresta_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_silvicultura_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_manejo_" & Ano(Contador)).Value))
        SaldoSilviculturaEstat = SaldoPixel *
(Data4.Recordset.Fields("Area_silvicultura_" & Ano(Contador)).Value /
(Data4.Recordset.Fields("Area_floresta_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_silvicultura_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_manejo_" & Ano(Contador)).Value))
        SaldoManejoEstat = SaldoPixel *
(Data4.Recordset.Fields("Area_silvicultura_" & Ano(Contador)).Value /
(Data4.Recordset.Fields("Area_floresta_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_silvicultura_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_manejo_" & Ano(Contador)).Value))
        If Data4.Recordset.RecordCount = 1 Then
            If (Data4.Recordset.Fields("VBP_PR" & Ano(Contador) &
"ExtNãoMadeireiro").Value + Data4.Recordset.Fields("VBP_PR" & Ano(Contador) &
"ExtMadeireiro").Value) = 0 Then
                Data4.Recordset.Edit
                Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
= "Floresta inexplorada"
                Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
= (Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value / SaldoPixel) *
(Data4.Recordset.Fields("Area_floresta_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_silvicultura_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_manejo_" & Ano(Contador)).Value)
                Data4.Recordset.Fields("ResíduoáreaPixel" & Ano(Contador)).Value
= Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
                Data4.Recordset.Update
                Data4.Recordset.MoveNext
                QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
            Else

```

```

        If Data4.Recordset.Fields("VBP_PR" & Ano(Contador) &
"ExtNãoMadeireiro").Value > Data4.Recordset.Fields("VBP_PR" & Ano(Contador) &
"ExtMadeireiro").Value Then
            Data4.Recordset.Edit
            Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
= "Floresta inexplorada"
            Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = (Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value / SaldoPixel) *
(Data4.Recordset.Fields("Area_floresta_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_silvicultura_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_manejo_" & Ano(Contador)).Value)
            Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" &
Ano(Contador)).Value = Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
            Data4.Recordset.Update
            Data4.Recordset.MoveNext
            QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
        Else
            Data4.Recordset.Edit
            Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
= "Floresta inexplorada"
            Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = (Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value / SaldoPixel) *
(Data4.Recordset.Fields("Area_floresta_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_silvicultura_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_manejo_" & Ano(Contador)).Value)
            Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" &
Ano(Contador)).Value = Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
            Data4.Recordset.Update
            Data4.Recordset.MoveNext
            QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
        End If 'Fim do If que condiciona a importância maior ou menor da
produção florestal m e nm.

```

```

        End If 'Fim do if que qualifica floresta produtiva e não produtiva.
        End If 'Fim do if que qualifica um único cluster de pixel mediante várias
possibilidades estatísticas.
If Data4.Recordset.RecordCount > 1 Then
    If QtdeMódulosNaPropriedade > 0 Then
Do
    If (Data4.Recordset.Fields("VBP_PR" & Ano(Contador) &
"ExtNãoMadeireiro").Value + Data4.Recordset.Fields("VBP_PR" & Ano(Contador) &
"ExtMadeireiro").Value) = 0 Then
        Data4.Recordset.Edit
        Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
= "Floresta inexplorada"
        Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
= (Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value / SaldoPixel) *
(Data4.Recordset.Fields("Area_floresta_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_silvicultura_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_manejo_" & Ano(Contador)).Value)
SaldoFlorestaEstat = SaldoFlorestaEstat - Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value
        Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" & Ano(Contador)).Value
= Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
        Data4.Recordset.Update
Data4.Recordset.MoveNext
        QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
If QtdeMódulosNaPropriedade = 0 Then
    SaldoFlorestaEstat = 0
    End If
Else
    If Data4.Recordset.Fields("VBP_PR" & Ano(Contador) &
"ExtNãoMadeireiro").Value > Data4.Recordset.Fields("VBP_PR" & Ano(Contador) &
"ExtMadeireiro").Value Then
        Data4.Recordset.Edit
        Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
= "Floresta inexplorada"

```

```

        Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = (Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value / SaldoPixel) *
(Data4.Recordset.Fields("Area_floresta_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_silvicultura_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_manejo_" & Ano(Contador)).Value)
SaldoFlorestaEstat = SaldoFlorestaEstat - Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value
        Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" &
Ano(Contador)).Value = Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
        Data4.Recordset.Update
Data4.Recordset.MoveNext
        QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
If QtdeMódulosNaPropriedade = 0 Then
        SaldoFlorestaEstat = 0
        End If
Else
        Data4.Recordset.Edit
        Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
= "Floresta inexplorada"
        Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = (Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value / SaldoPixel) *
(Data4.Recordset.Fields("Area_floresta_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_silvicultura_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_manejo_" & Ano(Contador)).Value)
SaldoFlorestaEstat = SaldoFlorestaEstat - Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value
        Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" &
Ano(Contador)).Value = Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
        Data4.Recordset.Update
Data4.Recordset.MoveNext
        QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
If QtdeMódulosNaPropriedade = 0 Then
        SaldoFlorestaEstat = 0
        End If

```

End If 'Fim do If que condiciona a importância maior ou menor da produção florestal m e nm.

End If 'Fim do if que qualifica floresta produtiva e não produtiva.

Loop Until (SaldoFlorestaEstat <= 0)

End If 'Fim do If QtdeMódulosNaPropriedade >

If QtdeMódulosNaPropriedade > 0 Then

Do

Data4.Recordset.Edit

Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" & Ano(Contador)).Value =
"Madeireiro-Silvicultura"

Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value =
(Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value / SaldoPixel) *

(Data4.Recordset.Fields("Area_floresta_" & Ano(Contador)).Value +

Data4.Recordset.Fields("Area_silvicultura_" & Ano(Contador)).Value +

Data4.Recordset.Fields("Area_manejo_" & Ano(Contador)).Value)

SaldoSilviculturaEstat = SaldoFlorestaEstat -

Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value

Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" & Ano(Contador)).Value =
Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -

Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value

Data4.Recordset.Update

Data4.Recordset.MoveNext

QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1

If QtdeMódulosNaPropriedade = 0 Then

SaldoSilviculturaEstat = 0

End If

Loop Until (SaldoSilviculturaEstat <= 0)

End If 'Fim do If QtdeMódulosNaPropriedade.

If QtdeMódulosNaPropriedade > 0 Then

Do

Data4.Recordset.Edit

Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" & Ano(Contador)).Value =
"Madeireiro-Manejo Florestal"

```

        Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value =
(Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value / SaldoPixel) *
(Data4.Recordset.Fields("Area_floresta_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_silvicultura_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_manejo_" & Ano(Contador)).Value)
SaldoSilviculturaEstat = SaldoFlorestaEstat -
Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value
        Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" & Ano(Contador)).Value =
Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
        Data4.Recordset.Update
Data4.Recordset.MoveNext
        QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
If QtdeMódulosNaPropriedade = 0 Then
        SaldoManejoEstat = 0
        End If
        Loop Until (SaldoManejoEstat <= 0)
        End If 'Fim do If QtdeMódulosNaPropriedade >0
        End If 'If Data4.Recordset.RecordCount >1
End If 'Fim do If que exige ser a área do tópico maior que zero
End If
        End If 'Fim do If Contador 2=2.
If contador2 = 3 Then 'Qualificando classe "Capoeira avançada"
        If (Data4.Recordset.Fields("Area_cult_perm_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_pomar_sitio_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_SAF_" & Ano(Contador)).Value) = 0 Then
                SaldoPixel = Data3.Recordset.Fields("TotalPixelAreaHaEstab").Value
                SaldoPermanentesEstat = 0
                SaldoSAFEstat = 0
                Data4.Recordset.Edit
                Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" & Ano(Contador)).Value =
"Sem correspondência estatística"
                Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value = 0

```

```

        Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" & Ano(Contador)).Value =
Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
        Data4.Recordset.Update
        Data4.Recordset.MoveNext
        QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
End If
        If QtdeMódulosNaPropriedade > 0 Then
            If (Data4.Recordset.Fields("Area_cult_perm_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_pomar_sitio_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_SAF_" & Ano(Contador)).Value) > 0 Then
                SaldoPixel = Data3.Recordset.Fields("TotalPixelAreaHaEstab").Value
                SaldoPermanentesEstat = SaldoPixel *
(Data4.Recordset.Fields("Area_cult_perm_" & Ano(Contador)).Value /
(Data4.Recordset.Fields("Area_cult_perm_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_pomar_sitio_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_SAF_" & Ano(Contador)).Value))
                SaldoSAFEstat = SaldoPixel *
((Data4.Recordset.Fields("Area_pomar_sitio_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_SAF_" & Ano(Contador)).Value) /
(Data4.Recordset.Fields("Area_cult_perm_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_pomar_sitio_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_SAF_" & Ano(Contador)).Value))
                If Data4.Recordset.RecordCount = 1 Then
                    If SaldoPermanentesEstat >= SaldoSAFEstat Then
Data4.Recordset.Edit
                        Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = "Cult. Permanentes"
                        Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = (Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value / SaldoPixel) *
(Data4.Recordset.Fields("Area_cult_perm_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_pomar_sitio_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_SAF_" & Ano(Contador)).Value)
                    End If
                End If
            End If
        End If

```

```

        Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" &
Ano(Contador)).Value = Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
        Data4.Recordset.Update
        Data4.Recordset.MoveNext
        QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
    Else
        Data4.Recordset.Edit
        Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = "Sistema Agroflorestais"
        Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = (Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value / SaldoPixel) *
(Data4.Recordset.Fields("Area_cult_perm_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_pomar_sitio_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_SAF_" & Ano(Contador)).Value)
        Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" &
Ano(Contador)).Value = Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
        Data4.Recordset.Update
        Data4.Recordset.MoveNext
        QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
    End If
End If
    End If 'Fim do If Data4.Recordset.RecordCount = 1
    If Data4.Recordset.RecordCount > 1 Then
        If QtdeMódulosNaPropriedade > 0 Then
Do
            Data4.Recordset.Edit
            Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
= "Cult. Permanentes"
            Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = (Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value / SaldoPixel) *
(Data4.Recordset.Fields("Area_cult_perm_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_pomar_sitio_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_SAF_" & Ano(Contador)).Value)

```

```

        SaldoPermanentesEstat = SaldoPermanentesEstat -
Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value
        Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" &
Ano(Contador)).Value = Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
        Data4.Recordset.Update
        Data4.Recordset.MoveNext
        QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
If QtdeMódulosNaPropriedade = 0 Then
        SaldoPermanentesEstat = 0
        End If
Loop Until (SaldoPermanentesEstat <= 0)
        End If 'Fim do If QtdeMódulosNaPropriedade > 0
If QtdeMódulosNaPropriedade > 0 Then
Do
        Data4.Recordset.Edit
        Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
= "Sistema Agroflorestais"
        Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = (Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value / SaldoPixel) *
(Data4.Recordset.Fields("Area_cult_perm_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_pomar_sitio_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_SAF_" & Ano(Contador)).Value)
SaldoSAFEstat = SaldoSAFEstat - Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value
        Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" &
Ano(Contador)).Value = Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
        Data4.Recordset.Update
Data4.Recordset.MoveNext
        QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
If QtdeMódulosNaPropriedade = 0 Then
        SaldoSAFEstat = 0
        End If
Loop Until (SaldoSAFEstat <= 0)

```

```

        End If 'Fim do if QtdeMódulosNaPropriedade>0.
    End If 'If Data4.Recordset.RecordCount >1
End If 'Fim do If que exige ser a área do tópico maior que zero
    End If 'QtdeMódulosNaPropriedade
    End If 'Fim do If Contador 2=3.
    If contador2 = 4 Then 'Qualificando classe "Capoeira intermediária"
        If (Data4.Recordset.Fields("Area_cult_perm_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_silvicultura_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_cult_temp_" & Ano(Contador)).Value) = 0 Then
Data4.Recordset.Edit
            SaldoPixel = Data3.Recordset.Fields("TotalPixelAreaHaEstab").Value
SaldoTemporáriaEstat = 0
            SaldoPermanentesEstat = 0
            SaldoSilviculturaEstat = 0
            Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" & Ano(Contador)).Value =
"Sem correspondência estatística"
            Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value =
0
            Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" & Ano(Contador)).Value =
Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
            Data4.Recordset.Update
            Data4.Recordset.MoveNext
            QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
        End If
        If QtdeMódulosNaPropriedade > 0 Then
            If (Data4.Recordset.Fields("Area_cult_perm_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_silvicultura_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_cult_temp_" & Ano(Contador)).Value) > 0 Then
                SaldoPixel = Data3.Recordset.Fields("TotalPixelAreaHaEstab").Value
                SaldoTemporáriaEstat = SaldoPixel *
(Data4.Recordset.Fields("Area_cult_temp_" & Ano(Contador)).Value /
(Data4.Recordset.Fields("Area_cult_perm_" & Ano(Contador)).Value +

```

```

Data4.Recordset.Fields("Area_silvicultura_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_cult_temp_" & Ano(Contador)).Value))
        SaldoPermanentesEstat = SaldoPixel *
(Data4.Recordset.Fields("Area_cult_perm_" & Ano(Contador)).Value /
(Data4.Recordset.Fields("Area_cult_perm_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_silvicultura_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_cult_temp_" & Ano(Contador)).Value))
        SaldoSilviculturaEstat = SaldoPixel *
(Data4.Recordset.Fields("Area_silvicultura_" & Ano(Contador)).Value /
(Data4.Recordset.Fields("Area_cult_perm_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_silvicultura_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_cult_temp_" & Ano(Contador)).Value))
        If Data4.Recordset.RecordCount = 1 Then
            If SaldoTemporáriaEstat >= (SaldoSilviculturaEstat +
SaldoPermanentesEstat) Then
Data4.Recordset.Edit
                Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = "Pousio de Culturas Temporárias"
                Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = (Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value / SaldoPixel) *
(Data4.Recordset.Fields("Area_cult_perm_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_silvicultura_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_cult_temp_" & Ano(Contador)).Value)
                Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" &
Ano(Contador)).Value = Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
                Data4.Recordset.Update
                Data4.Recordset.MoveNext
                QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
            Else
                Data4.Recordset.Edit
                Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = "Culturas Permanentes em Formação"

```

```

        Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = (Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value / SaldoPixel) *
(Data4.Recordset.Fields("Area_cult_perm_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_silvicultura_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_cult_temp_" & Ano(Contador)).Value)
        Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" &
Ano(Contador)).Value = Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
        Data4.Recordset.Update
        Data4.Recordset.MoveNext
        QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
End If

        End If 'Data4.Recordset.RecordCount = 1
        If Data4.Recordset.RecordCount > 1 Then
            If QtdeMódulosNaPropriedade > 0 Then
                Do
                    Data4.Recordset.Edit
                    Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = "Culturas Permanentes em Formação"
                    Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = (Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value / SaldoPixel) *
(Data4.Recordset.Fields("Area_cult_perm_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_silvicultura_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_cult_temp_" & Ano(Contador)).Value)
                    Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" &
Ano(Contador)).Value = Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
                    SaldoTemporáriaEstat = SaldoTemporáriaEstat -
Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value
                    Data4.Recordset.Update
                    Data4.Recordset.MoveNext
                    QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
                If QtdeMódulosNaPropriedade = 0 Then
                    SaldoTemporáriaEstat = 0

```

```

        End If
        Loop Until (SaldoTemporáriaEstat <= 0)
        End If
        If QtdeMódulosNaPropriedade > 0 Then
Do
        Data4.Recordset.Edit
        Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
= "Culturas Permanentes em Formação"
        Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
= (Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value / SaldoPixel) *
(Data4.Recordset.Fields("Area_cult_perm_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_silvicultura_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_cult_temp_" & Ano(Contador)).Value)
        SaldoPermanentesEstat = SaldoPermanentesEstat -
Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value
        Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" & Ano(Contador)).Value
= Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
        Data4.Recordset.Update
        Data4.Recordset.MoveNext
        QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
If QtdeMódulosNaPropriedade = 0 Then
        SaldoPermanentesEstat = 0
        End If
        Loop Until (SaldoPermanentesEstat <= 0)
        End If
        If QtdeMódulosNaPropriedade > 0 Then
Do
        Data4.Recordset.Edit
        Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
= "Culturas Permanentes em Formação"
        Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
= (Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value / SaldoPixel) *
(Data4.Recordset.Fields("Area_cult_perm_" & Ano(Contador)).Value +

```

```

Data4.Recordset.Fields("Area_silvicultura_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_cult_temp_" & Ano(Contador)).Value
        Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" & Ano(Contador)).Value
= Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
        SaldoSilviculturaEstat = SaldoSilviculturaEstat -
Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value
        Data4.Recordset.Update
        Data4.Recordset.MoveNext
        QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
If QtdeMódulosNaPropriedade = 0 Then
        SaldoSilviculturaEstat = 0
        End If
        Loop Until (SaldoSilviculturaEstat <= 0)
        End If 'Fim do If QtdeMódulosNaPropriedade >0
        End If 'If Data4.Recordset.RecordCount >1
End If 'Fim do If que exige ser a área do tópico maior que zero
End If 'If QtdeMódulosNaPropriedade = 0
        End If 'Fim do If Contador 2=4.
If contador2 = 5 Then 'Qualificando classe "Capoeira inicial"
        If (Data4.Recordset.Fields("Area_pasto_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_cult_temp_" & Ano(Contador)).Value) = 0 Then
                SaldoPixel = Data3.Recordset.Fields("TotalPixelAreaHaEstab").Value
                SaldoTemporáriaEstat = 0
                SaldoPastoEstat = 0
                Data4.Recordset.Edit
                Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" & Ano(Contador)).Value =
"Sem correspondência estatística"
                Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value =
0
                Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" & Ano(Contador)).Value =
Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
                Data4.Recordset.Update

```

```

        Data4.Recordset.MoveNext
        QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
End If

    If QtdeMódulosNaPropriedade > 0 Then
        If (Data4.Recordset.Fields("Area_pasto_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_cult_temp_" & Ano(Contador)).Value) > 0 Then
            SaldoPixel = Data3.Recordset.Fields("TotalPixelAreaHaEstab").Value
            SaldoTemporáriaEstat = SaldoPixel *
(Data4.Recordset.Fields("Area_cult_temp_" & Ano(Contador)).Value /
(Data4.Recordset.Fields("Area_pasto_" & Ano(Contador)).Value +
Data4.Recordset.Fields("Area_cult_temp_" & Ano(Contador)).Value))
            SaldoPastoEstat = SaldoPixel * (Data4.Recordset.Fields("Area_pasto_" &
Ano(Contador)).Value / (Data4.Recordset.Fields("Area_pasto_" &
Ano(Contador)).Value + Data4.Recordset.Fields("Area_cult_temp_" &
Ano(Contador)).Value))
            Data4.Recordset.Edit
                If Data4.Recordset.RecordCount = 1 Then
                    If SaldoTemporáriaEstat >= SaldoPastoEstat Then
                        Data4.Recordset.Edit
                            Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" & Ano(Contador)).Value = "Pousio de
Temporárias"
                                Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = (Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value / SaldoPixel) *
Data4.Recordset.Fields("Area_juquira_capoeira_" & Ano(Contador)).Value
                                    Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" &
Ano(Contador)).Value = Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
                                        Data4.Recordset.Update
                                            Data4.Recordset.MoveNext
                                                QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
                                                    Else
                                                        Data4.Recordset.Edit
                                                            Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = "Pasto degradado"

```

```

        Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = (Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value / SaldoPixel) *
Data4.Recordset.Fields("Area_juquira_capoeira_" & Ano(Contador)).Value
        Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" &
Ano(Contador)).Value = Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
        Data4.Recordset.Update
        Data4.Recordset.MoveNext
        QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
End If
    End If
    If Data4.Recordset.RecordCount > 1 Then
If QtdeMódulosNaPropriedade > 0 Then
    Do
        Data4.Recordset.Edit
        Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
= "Pousio de Culturas Temporárias"
        Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = (Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value / SaldoPixel) *
Data4.Recordset.Fields("Area_juquira_capoeira_" & Ano(Contador)).Value
        SaldoTemporáriaEstat = SaldoTemporáriaEstat -
Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value
        Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" &
Ano(Contador)).Value = Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
        Data4.Recordset.Update
        Data4.Recordset.MoveNext
        QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
If QtdeMódulosNaPropriedade = 0 Then
        SaldoTemporáriaEstat = 0
        End If
    Loop Until (SaldoTemporáriaEstat <= 0)
    End If
    If QtdeMódulosNaPropriedade > 0 Then

```

```

Do
    Data4.Recordset.Edit
    Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
= "Pasto Degradado"
    Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" &
Ano(Contador)).Value = (Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value / SaldoPixel) *
Data4.Recordset.Fields("Area_juquira_capoeira_" & Ano(Contador)).Value
SaldoPastoEstat = SaldoPastoEstat - Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value
    Data4.Recordset.Fields("ResíduoÁreaPixel" &
Ano(Contador)).Value = Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value -
Data4.Recordset.Fields("AreaModuloEstat" & Ano(Contador)).Value
    Data4.Recordset.Update
Data4.Recordset.MoveNext
    QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
If QtdeMódulosNaPropriedade = 0 Then
    SaldoPastoEstat = 0
    End If
    Loop Until (SaldoPastoEstat <= 0)
    End If 'Fim do if QtdeMódulosNaPropriedade>0.
    End If 'If Data4.Recordset.RecordCount >1
End If 'Fim do If que exige ser a área do tópico maior que zero
End If
    End If 'Fim do If Contador 2=5.
    If contador2 = 6 Then 'Água"
        SaldoPixel = Data3.Recordset.Fields("TotalPixelAreaHaEstab").Value
        If SaldoPixel > 0 Then
Do
    Data4.Recordset.Edit
    Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" & Ano(Contador)).Value =
"Água"
SaldoPixel = SaldoPixel - Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value
Data4.Recordset.Update
    Data4.Recordset.MoveNext
    QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1

```

```
If QtdeMódulosNaPropriedade = 0 Then
    SaldoPixel = 0
    End If
    Loop Until (SaldoPixel <= 0)
    End If
End If
If contador2 = 7 Then 'Nuvens.
    SaldoPixel = Data3.Recordset.Fields("TotalPixelAreaHaEstab").Value
    If SaldoPixel > 0 Then
        Do
            Data4.Recordset.Edit
Data4.Recordset.Fields("TipoModuloEstat" & Ano(Contador)).Value = "Nuvens"
SaldoPixel = SaldoPixel - Data4.Recordset.Fields("AreaHaClas").Value
Data4.Recordset.Update
            Data4.Recordset.MoveNext
            QtdeMódulosNaPropriedade = QtdeMódulosNaPropriedade - 1
        If QtdeMódulosNaPropriedade = 0 Then
            SaldoPixel = 0
            End If
            Loop Until (SaldoPixel <= 0)
            End If
        End If
    End If 'Que faz a rotina válida apenas quando há, para aquela propriedade, clusters
    (RecordCount>0).
    Next Contador 'Relativo aos anos
Next contador2 'Classes de cluster
Next contador1 'For 1 to QtdePropriedade
End Sub
```