



**Geoestatística aplicada à
socioeconomia: estudos de
caso em Machadinho
d'Oeste, RO**

ISSN 0103-7811

Dezembro, 2011

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Monitoramento por Satélite
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 89

Geoestatística aplicada à socioeconomia: estudos de caso em Machadinho d'Oeste, RO

João Alfredo de Carvalho Mangabeira
Célia Regina Grego
Sérgio Gomes Tôsto
Ademar Ribeiro Romeiro

Embrapa Monitoramento por Satélite
Campinas, SP
2011

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Monitoramento por Satélite

Av. Soldado Passarinho, 303 – Fazenda Chapadão

CEP 13070-115 Campinas, SP

Telefone: (19) 3211-6200

Fax: (19) 3211-6222

www.cnpm.embrapa.br

sac@cnpm.embrapa.br

Comitê Local de Publicações

Presidente: Cristina Criscuolo

Secretária-Executiva: Shirley Soares da Silva

Membros: Bibiana Teixeira de Almeida, Daniel de Castro Victoria, Davi de Oliveira Custódio,
Graziella Galinari, Luciane Dourado e Vera Viana dos Santos

Supervisão editorial: Cristina Criscuolo

Revisão de texto: Bibiana Teixeira de Almeida

Normalização bibliográfica: Vera Viana dos Santos

Tratamento de ilustrações e diagramação eletrônica: Shirley Soares da Silva

Fotos da capa: Graziella Galinari

1ª edição

1ª impressão (2011): versão digital.

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Monitoramento por Satélite

Mangabeira, João Alfredo de Carvalho

Geostatística aplicada à socioeconomia: estudos de caso em Machadinho d'Oeste, RO / João Alfredo de Carvalho Mangabeira, Célia Regina Grego, Sérgio Gomes Tôsto, Ademar Ribeiro Romeiro. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2011.

28 p.: il. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 89).

ISSN 0103-7811.

1. Análise multivariada. 2. Dado estatístico. 3. Distribuição espacial. 4. Economia agrária. I. Grego, Célia Regina. II. Tôsto, Sérgio Gomes. III. Romeiro, Ademar Ribeiro. IV. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento por Satélite (Campinas, SP). V. Título. VI. Série.

CDD 333.718175

© Embrapa, 2011

Autores

João Alfredo de Carvalho Mangabeira

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Desenvolvimento, Espaço e Meio Ambiente,
Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP
manga@cnpm.embrapa.br

Célia Regina Grego

Engenheira Agrônoma, Doutora em Energia na Agricultura, Pesquisadora da
Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP
crgrego @cnpm.embrapa.br

Sérgio Gomes Tôsto

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Desenvolvimento, Espaço e Meio Ambiente,
Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP
tosto@cnpm.embrapa.br

Ademar Ribeiro Romeiro

Economista, Doutor em Economia, Professor titular da
Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas-SP
ademar@eco.unicamp.br

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio proporcionado pelas seguintes instituições:

- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa),
- Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

Apresentação

Tecnologias de espacialização, como a geoestatística, vêm sendo cada vez mais usadas nas pesquisas relacionadas com recursos naturais. Porém, a utilização da geoestatística em conjunto com a estatística multivariada, com dados socioeconômicos, já foi testada isoladamente em Machadinho d'Oeste e mostrou-se adequada nas análises a que se propunha na época, as quais são somente numéricas quantitativas e qualitativas via análise estatística multivariada. Sem uma análise espacial, a compreensão do processo fica prejudicada. Esta lacuna fica preenchida neste trabalho, que se propõe a aplicar os dois métodos: a estatística multivariada, para a determinação da tipologia dos níveis de capitalização, e a geoestatística, para análise espacial dos tipos de capitalização oriundos da estatística multivariada.

A análise exploratória viabiliza a continuidade da pesquisa pela identificação da distribuição espacial e temporal entre as variáveis, podendo auxiliar também na própria tomada de decisão dos agricultores e agentes de desenvolvimento local em Machadinho d'Oeste, Rondônia.

Mateus Batistella
Chefe-Geral

Sumário

Introdução	7
Projeto de Assentamento Machadinho d'Oeste, RO, e sua peculiaridade	8
Antecedentes da pesquisa nesta região.....	8
Localização e caracterização da área de estudo.....	9
A questão do desenho diferenciado e das reservas em blocos	12
O Município de Machadinho d'Oeste e sua estrutura econômica	15
Importância de informações espacializadas sobre dados socioeconômicos	17
Geoestatística no estudo da distribuição espacial de dados	18
Uma nova abordagem de análise por intermédio da estatística multivariada associada à geoestatística	19
Uso da geoestatística com dados socioeconômicos	21
Uso da geoestatística em Machadinho d'Oeste	21
Considerações finais e recomendações	25
Referências.....	25

Geoestatística aplicada à socioeconomia: estudos de caso em Machadinho d'Oeste, RO

João Alfredo de Carvalho Mangabeira

Célia Regina Grego

Sérgio Gomes Tôsto

Ademar Ribeiro Romeiro

Introdução

A geoestatística vem sendo aplicada com sucesso nas áreas de estudo dos recursos naturais, porém é pouco aplicada nas ciências sociais. Diante deste quadro, este documento procura mostrar um panorama da situação atual das experiências com análises espaciais pelas técnicas da geoestatística, por intermédio de dados socioeconômicos em pesquisas na Embrapa Monitoramento por Satélite. O estudo focou o projeto de Assentamento rural Machadinho d'Oeste em Rondônia, que é um projeto diferenciado na Amazônia Brasileira.

O levantamento consistiu na busca bibliográfica e em consultas às seguintes fontes:

- Anais do Simpósio de Geoestatística Aplicada em Ciências Agrárias;
- Trabalhos publicados na Embrapa Monitoramento por Satélite;
- Pesquisa na internet no Brasil e no exterior;
- Rede informal de contatos.

Observações pessoais foram também utilizadas e, quando foi o caso, algumas informações foram checadas na literatura. No entanto, esse levantamento deve ser considerado como uma amostragem, e não tem a pretensão de esgotar o tema.

O trabalho encontra-se organizado na seguinte ordem: 1, é apresentada a estruturação do projeto de Assentamento Machadinho D'Oeste e sua peculiaridade, por intermédio dos antecedentes da pesquisa de Embrapa Monitoramento por Satélite na região, a questão do desenho diferenciado deste projeto de assentamento na fronteira agrícola brasileira e a estrutura econômica do Município de Machadinho d'Oeste; 2, é analisada a importância da espacialização de dados socioeconômicos; 3, é analisado o instrumental da geoestatística no estudo da distribuição espacial de dados socioeconômicos; 4, é analisada a nova abordagem da associação entre a estatística multivariada e a geoestatística; 5, é feito um levantamento ou uma revisão bibliográfica do uso da geoestatística com dados socioeconômicos; 6, são apresentadas as experiências com geoestatística feitas em Machadinho d'Oeste pela Embrapa Monitoramento por Satélite; e, 7., por fim, são apresentadas as considerações finais e recomendações.

As principais conclusões deste trabalho demonstram que existe uma lacuna, na literatura brasileira, sobre o uso da geoestatística com análise multivariada e dados socioeconômicos, sendo que existem alguns trabalhos nesse sentido na literatura internacional. Este trabalho visa preencher parte desta lacuna na literatura nacional, propondo aplicar os dois métodos: a estatística multivariada, para a determinação da tipologia dos níveis de capitalização, e a geoestatística, para análise espacial dos tipos de capitalização oriundos da estatística multivariada em Machadinho d'Oeste, no Estado de Rondônia. Porém, existe a necessidade de mais pesquisas e estudos utilizando dados socioeconômicos com análise geoestatística. Portanto, a junção dos instrumentais da estatística multivariada e da geoestatística, neste trabalho, enriqueceu as análises socioeconômicas e a avaliação dos sistemas de produção nas pesquisas em Machadinho d'Oeste.

Projeto de Assentamento Machadinho d'Oeste, RO, e sua peculiaridade

Este tópico tem o objetivo de mostrar a diferenciação do Projeto de Assentamento Machadinho d'Oeste e sua especificidade em relação aos outros projetos implementados na Amazônia. Encontra-se assim dividido:

1. Antecedentes da pesquisa nesta região.
2. Localização e caracterização da área de estudo.
3. A questão do desenho diferenciado e das reservas em blocos.
4. O município de Machadinho d'Oeste e sua estrutura econômica.

Antecedentes da pesquisa nesta região

A pesquisa na região de Machadinho d'Oeste, no nordeste do Estado de Rondônia, teve início em 1986. Apesar da instabilidade político-administrativa do Brasil, que dificulta a estruturação e o financiamento de pesquisas de longo prazo, as pesquisas nessa área foram viabilizadas graças a arquiteturas institucionais das mais variadas, com diversos parceiros nacionais e internacionais. Cerca de 450 pequenas propriedades rurais têm sido acompanhadas anualmente por imagens de satélite com diferentes sensores e diferentes resoluções espaciais, e a cada três anos por intermédio de levantamentos de campo. Nesse período, o antigo projeto de colonização agrícola foi emancipado e tornou-se um município. Grandes transformações urbanas e rurais ocorreram.

Em face dessa realidade, a pergunta inicial da equipe de pesquisadores era: por que não detectar, entre os pequenos agricultores de Rondônia, os sucessos generalizáveis e os exemplos passíveis de representar um avanço social e ambiental? Se a identificação e a avaliação desses sistemas mais sustentáveis de produção exigem tempo e perseverança, esta pesquisa atenderia essas exigências.

O monitoramento de uma grande amostra de produtores rurais pelos pesquisadores produziria, ao longo do tempo, uma série de dados sobre propriedades familiares instaladas em floresta tropical úmida, dados esses capazes de gerar indicadores sobre a sustentabilidade agrícola dessas propriedades. Isso geraria, também, um referencial sobre o desempenho dos diversos cultivos, as influências reais das políticas públicas para a região em termos de fomento, assistência, pesquisa, financiamento etc. e de como esses sistemas locais reagem às chamadas externalidades. Esse monitoramento poderia fornecer elementos sobre as articulações entre os chamados níveis micro (estratégias locais) e macro (políticas públicas) para a sustentabilidade da agricultura na Amazônia.

Como já citado, Machadinho d'Oeste vem sendo estudado desde 1986, e este pretende ser um projeto de longo prazo para o monitoramento de diversos fatores biofísicos (BATISTELLA et al., 2003; MANGABEIRA et al., 2002; MIRANDA, 1991; VALLADARES et al., 2003), contribuindo para o desenvolvimento socioambiental da produção familiar rural, valorizando os serviços ambientais associados a sistemas sustentáveis da agricultura e preservando recursos como solo, flora e fauna. Em 1984, como forma de compreender os antecedentes desse projeto, pesquisadores da Embrapa visitaram o Projeto Machadinho, que apresentava uma infraestrutura mínima para a colonização agrícola, tal como estradas, núcleos urbanos de apoio, projeto fundiário implantado e lotes demarcados. O projeto foi dimensionado para um total de 3.000 famílias de colonos, das quais mais de 2.000 haviam chegado em 1984.

O primeiro levantamento de caracterização das propriedades foi realizado em 1986 e repetiu-se em 1989, 1993, 1996, 1999, 2002, 2005 e, recentemente, em 2008 (MANGABEIRA et al. 2005a; MIRANDA, 1987; MIRANDA et al. 1995, 1997, 2002; 2007; MIRANDA; MATTOS, 1993). A cada levantamento são aplicados questionários com aproximadamente 250 variáveis socioeconômicas e ambientais, sendo as principais:

descritores de localização e situação das propriedades (12 variáveis); descritores socioeconômicos (83 variáveis) e descritores agrônômicos (30 variáveis para cada cultura e 14 variáveis para a pecuária). O uso das terras é monitorado por imagens de satélite com diferentes resoluções espaciais e diferentes escalas de trabalho, sendo os dados armazenados em um banco de dados georreferenciados.

A aplicação das fichas de levantamento foi realizada pelos técnicos da Embrapa Monitoramento por Satélite, da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater) de Machadinho d'Oeste, da Secretaria do Desenvolvimento Ambiental (Sedam) de Rondônia e por técnicos agrícolas autônomos. A última campanha de levantamento foi realizada em outubro de 2008, e nesta campanha os técnicos dispunham também de apoio para o levantamento do uso das terras em cada lote pesquisado graças à disponibilização de recortes da imagem do satélite ALOS, de média resolução, realizados na Embrapa Monitoramento por Satélite. Em conjunto com o produtor, cada técnico pôde elaborar um mapa de uso das terras mais exato, ampliando a precisão e a confiabilidade dos dados numéricos obtidos. Todos os dados numéricos obtidos foram informatizados, verificados e corrigidos ainda em Machadinho d'Oeste, graças ao apoio logístico da Embrapa Rondônia e de técnicos da área de informática.

Localização e caracterização da área de estudo

O Município de Machadinho d'Oeste localiza-se entre os municípios de Ariquemes e Jaru, distanciados aproximadamente 400 km da capital do Estado de Rondônia, Porto Velho, entre as coordenadas geográficas 61°47'O e 63°00'O, 9°19'S e 10°00'S (Figura 1).

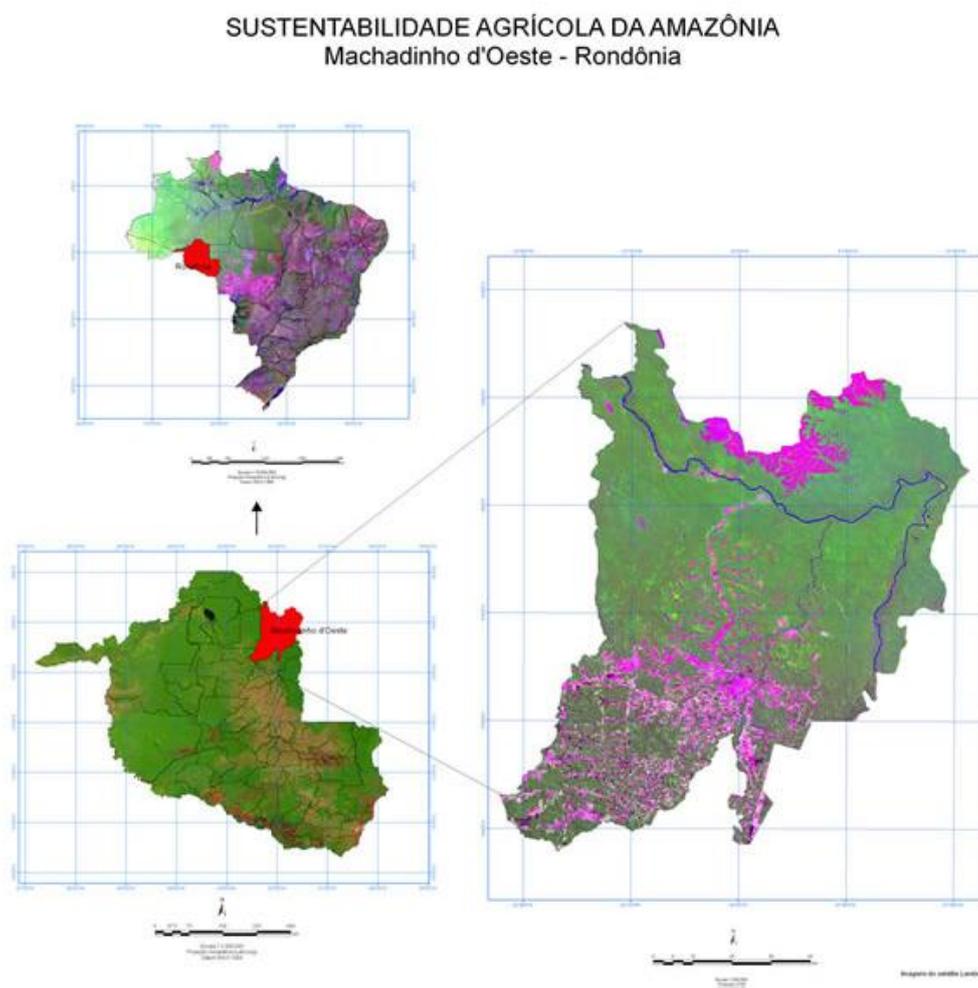


Figura 1. Localização geográfica da área.

As divisões dos lotes em glebas estão na Figura 2. A área da primeira fase de implantação do Projeto Machadinho era de 2.090 km², com 2.934 lotes rurais destinados a colonos sem-terra, divididos em 4 glebas : gleba 1 com 48.000 ha e 602 lotes; gleba 2 com 71.000 ha e 1.140 lotes; gleba 3 com 49.000 ha e 622 lotes; e gleba 6 com 40.000 ha e 570 lotes. Existiam ainda, no Projeto, um núcleo urbano principal (2.000 ha), um aeroporto (59 ha), dez núcleos urbanos secundários (953 ha) e 16 reservas florestais (68.000 ha) (Figura 2).

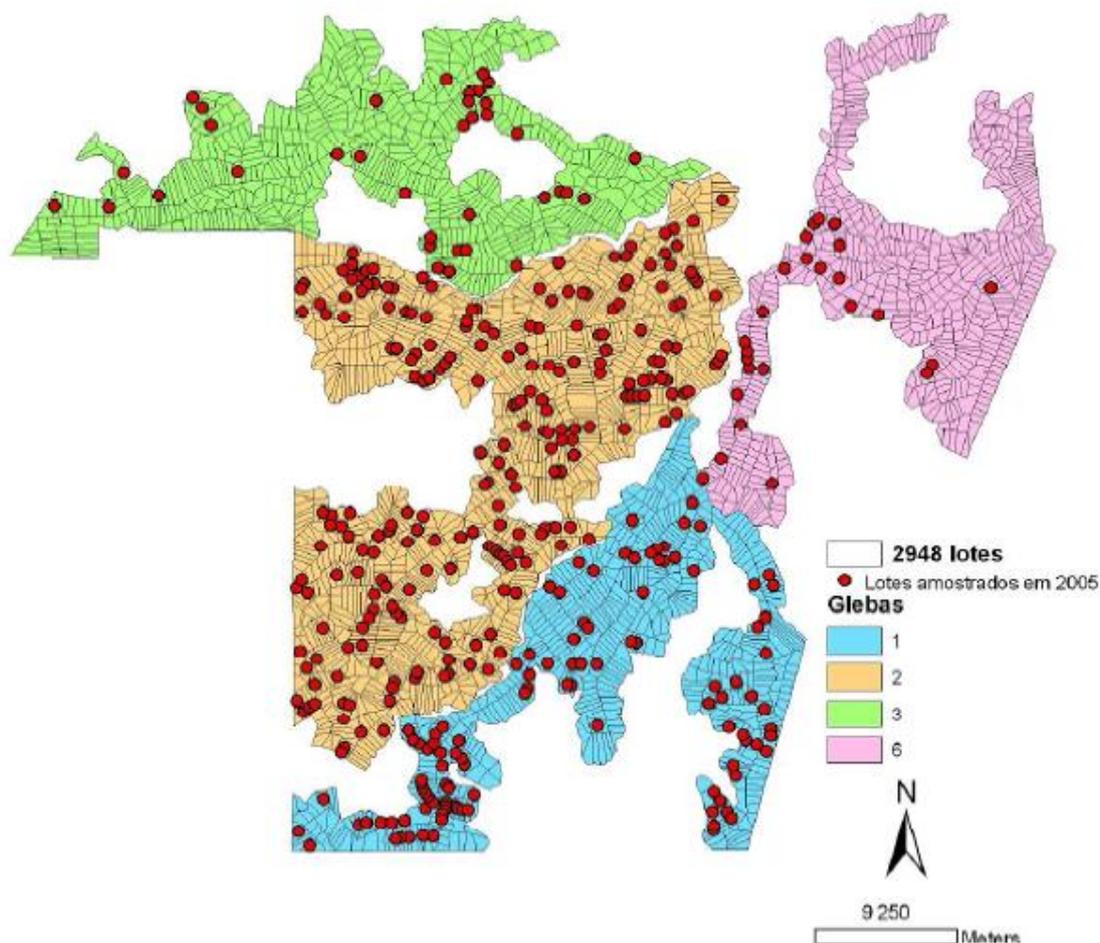


Figura 2. Divisão em glebas e lotes da área com os lotes amostrados.

O Projeto Machadinho d'Oeste foi um projeto de assentamento estruturado com um traçado arquitetônico e institucional diferenciado se comparado com as iniciativas anteriores na Amazônia. Os lotes foram definidos de acordo com aspectos topográficos ligados aos divisores de água. A rede viária foi construída ao longo das curvas de nível, facilitando sua manutenção e permitindo o acesso à água a todos os agricultores, ao incluir um riacho no fundo de cada propriedade. O traçado baseado na topografia foi combinado com um traçado institucional alternativo relacionado às reservas florestais. O assentamento inclui 16 reservas comuns (compartilhadas) de tamanhos diferentes, as quais perfazem 33% do total da área assentada, com direito de uso por parte dos seringueiros. As reservas foram criadas para atingir objetivos ecológicos, econômicos e sociais. Do ponto de vista ecológico, áreas florestais maiores poderiam ser preservadas sob níveis mais baixos de fragmentação. Do ponto de vista econômico, os agricultores poderiam usar toda a extensão de suas propriedades sem restrições legais, já que a preservação dentro das reservas comunitárias estava assegurada. Do ponto de vista social, os seringueiros, que habitavam em 90 colocações distribuídas pelo assentamento, teriam seu meio de vida assegurado (BATISTELLA, 2001).

Além disso, segundo Batistella (2001), os agricultores tiveram tratamento privilegiado em termos de infraestrutura, incluindo ruas de cascalho espalhadas por toda a área rural. O Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra) construiu 725 km de rede viária em Machadinho, distribuída em quatro níveis hierárquicos: 11 km em quatro vias principais (vias de acesso), 105 km de vias de alimentação nível 1 (vias coletoras), 314 km de vias alimentadoras nível 2 (vias de alimentação) e 295 km de vias de alimentação nível 3 (vias de penetração). Estes números representam a melhor estrutura viária de todos os projetos de assentamento em Rondônia até o presente, tanto em quilometragem bruta como por área.

O Incra também forneceu serviços básicos, como uma escola, um centro de saúde, sistema elétrico e um aeroporto (59 ha) dentro dos 2.000 ha de centro urbano. Na área rural, foram construídas 10 vilas secundárias (953 ha), 44 escolas, 547 casas, 60 poços e 5 centros de saúde. Foram estabelecidas instituições ligadas a atividades agrícolas e de meio ambiente para dar assistência técnica aos agricultores (Incra, Emater, Embrapa, Comissão Executiva de Planejamento da Lavoura Cacaueira Ceplac, Agência de Defesa Sanitária Agrosilvopastoril do Estado de Rondônia Idaron, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis Ibama, Sedam). A Emater, particularmente, apoiou a criação de associações em diferentes locais ao longo do assentamento.

O arranjo institucional originário do traçado do Projeto Machadinho d'Oeste propiciou a existência de três grupos principais que agem diretamente na transformação da paisagem: os agricultores, os seringueiros e os madeireiros. Os agricultores vieram principalmente do Paraná e de Minas Gerais e constituem 2.934 das famílias de imigrantes. Eles ocuparam 67% da área (1.415 km²) em lotes particulares de aproximadamente 44 ha (BATISTELLA, 2001). Os seringueiros vivem nas reservas comuns, que são propriedade do estado. Os seringueiros residentes (401 indivíduos) têm direito de uso desta área e estão organizados em uma associação ligada aos conselhos federal e estadual. Sua renda vem da produção e comercialização do látex e de uma economia de subsistência (corte e queimada, silvicultura, caça e, mais recentemente, pequenas plantações de café). Em 1995, as reservas foram decretadas reservas extrativistas estaduais, o que permite às comunidades fazerem seu próprio plano de manejo, o qual pode incluir o manejo florestal sustentável. Apenas uma reserva tem condição diferente, e seu uso é exclusivo do estado (floresta de rendimento). Os madeireiros também desempenham um papel importante na modificação da estrutura florestal e no desmatamento em Machadinho (BATISTELLA, 2001).

Os solos predominantes, segundo Valladares et al. (2003), são os Latossolos Amarelos Distróficos, mas também são encontrados Nitossolos Vermelhos e Háplicos, Latossolos Vermelhos, Latossolos Vermelho-Amarelos, Argissolos, Gleissolos e Plintossolos. Os solos de Machadinho são reflexos do que ocorre na região da Amazônia. Segundo Lisboa (1989), os solos da Amazônia, de modo geral, são solos pobres quimicamente e de baixa fertilidade. Para Sioli (1985), citado por Meireles Filho (2004), a floresta "cresce, de fato, sobre o solo e não do solo, utilizando-se deste apenas para sua fixação mecânica e não como fonte de nutrientes". Segundo Sioli (1985), a superfície alcançada pelas raízes das árvores das florestas temperadas é pelo menos três vezes menor que a das árvores da floresta tropical. As árvores tropicais apresentam extensa rede de raízes horizontais para captar qualquer elemento químico disponível.

Essa é a razão pela qual o solo da floresta tropical sofre muito mais com a retirada de grandes árvores (pelos desmatamentos) que o solo da floresta de zonas temperadas ou subtropicais. Outra questão fundamental é a maior quantidade de chuvas sobre uma área sem a cobertura vegetal que a protege, o que significa maior erosão e lixiviação no solo. Quando ocorre o desmatamento, o solo fica exposto às chuvas e às altas temperaturas. Com o manejo inadequado e com as fortes chuvas, o solo fica compactado, diminuindo sua capacidade de absorver a água. A água passa a correr sobre o solo, aumentando a erosão (MEIRELES FILHO, 2004).

O relevo local apresenta variação, podendo ser dissecado em cristas com vertentes pronunciadas e serras, com altitudes superiores a 200 m. Entre 100 m e 200 m de altitude, correspondente à depressão interplanáltica, ocorrem superfícies aplainadas com drenagem dendrítica e, em outros momentos, encostas. Alguns relevos residuais apresentam altitudes superiores a 400 m.

Quanto ao clima, segundo a classificação de Köppen, o tipo climático da região é Am (clima tropical monçônico) e caracteriza-se como megatérmico (temperatura média do mês mais frio superior a 18 °C). A estação chuvosa vai de dezembro a março (1.300 mm), com total anual de precipitação de 2.390 mm, e uma estação seca bem definida nos meses de junho (40 mm) e julho (20 mm). A temperatura média anual é em torno de 26,2 °C, sendo que a média das temperaturas máximas é de 31,5 °C, (valor máximo médio de 32,9 °C em agosto) e a média das temperaturas mínimas é de 20,9 °C (menor valor médio de 18,3 °C em julho). A média da umidade relativa do ar é de 85%, apresentando pouca variação durante o ano (de 80% - 89%) (BATISTELLA, 2001).

No que se refere à hidrologia, o Município de Machadinho d'Oeste está localizado na Bacia do Rio Ji-Paraná (ou Rio Machado), que tem sua nascente localizada na Chapada dos Parecis e atravessa o Estado de Rondônia no sentido sudeste-norte. O rio principal, Ji-Paraná, tem comprimento total de 972 km e largura variando entre 150 m a 500 m, com os canais dos tributários principais variando entre 100 m e 400 m. A bacia é relativamente plana, com alturas que variam entre 75 m e 600 m e declividade média de 0,62 graus. O Rio Ji-Paraná, ao longo de seu curso, recebe a contribuição de outros cinco tributários: Rolim de Moura, Urupá, Jarú, Machadinho e Preto. No Município de Machadinho d'Oeste, o seu principal tributário é o Rio Machadinho.

Em termos de vegetação, o Estado de Rondônia apresentava, no fim da década de 1990, 53,7% de sua cobertura vegetal original como Floresta Ombrófila Aberta (BATISTELLA, 2001). Apenas 3,9% eram Floresta Ombrófila Densa. A Floresta Estacional Semidecídua tomava 2,1%; a savana, 5,5%; áreas pioneiras sob influência fluvial, 3,7%; zona de transição, 8,3%; formações aluviais, 0,24%; e outras formações, 22,56%. O Município de Machadinho d'Oeste, situado no nordeste do estado, tem 8.509 km² (IBGE, 2009) e representa 3,6% da área total de Rondônia. Conforme dados de vegetação do IBGE (2009), a formação vegetacional dominante no município (mais de 85%) é a Floresta Ombrófila Aberta. Junto à fronteira do Estado do Amazonas há uma faixa de Floresta Ombrófila Densa, áreas de Savana e de Tensão Ecológica (contatos entre tipos de vegetação). Machadinho d'Oeste tem regiões antropizadas representadas, principalmente, por assentamentos rurais. As reservas florestais são comuns às propriedades rurais, o que determina menor fragmentação. Até 1998, 66% da cobertura florestal era mantida (BATISTELLA, 2001).

A questão do desenho diferenciado e das reservas em blocos

Segundo Batistella e Moran (2005), a Amazônia apresenta atualmente variedade de arquiteturas de assentamentos e complexos fundiários. Esse mosaico de situações espaciais inclui os famosos assentamentos “espinha de peixe”, áreas de colonização espontânea ou desordenada, grandes projetos agropecuários, assentamentos com desenho baseado na topografia, sistemas radiais, entre outros. Informações sobre a posição de lotes individuais na paisagem, o tamanho dos lotes, o tempo de ocupação e a relação com a infraestrutura, o contexto socioeconômico e o ambiente biofísico são fundamentais para qualquer análise representativa, por exemplo, do desmatamento e de seus impactos. Utilizando áreas de estudo em Rondônia, estes autores demonstram uma nova metodologia que oferece potenciais de integração, análise e monitoramento em nível de detalhe suficiente para a tomada de decisões referentes ao desenvolvimento rural, melhoramento de infraestrutura e monitoramento ambiental para a variedade de situações observadas. Salientam os autores Batistella e Moran (2005) a importância das reservas florestais comuns, com direito de uso às populações locais, como um instrumento eficaz na manutenção de menores índices de fragmentação da paisagem.

Essa nova iniciativa, a do desenho diferenciado do Projeto Machadinho d'Oeste, incorporou uma rede viária hierarquizada que levou em conta a topografia e a rede hidrográfica, além de contemplar os atores locais com um modelo institucional diferenciado. Localizado ao norte do Vale do Anari (Figura 3), Machadinho d'Oeste combinou lotes privados com reservas florestais comuns. A rede viária, respeitando características de relevo e hidrografia, permite o acesso aos lotes mais remotos. Isso diminui os custos de manutenção, pois no traçado octogonal (espinha de peixe) é necessário que sejam construídas pontes e que haja controle maior da erosão, o que geralmente não é feito nas regiões amazônicas. Como a sazonalidade é uma variável importante que afeta a locomoção, muitos agricultores ficam isolados no período das chuvas (BATISTELLA, 2001). Estudos de sistemas de produção e estrutura da paisagem em Machadinho d'Oeste sugerem que este seja um modelo mais adequado de colonização (BATISTELLA et al., 2003; MIRANDA; MATTOS, 1993).

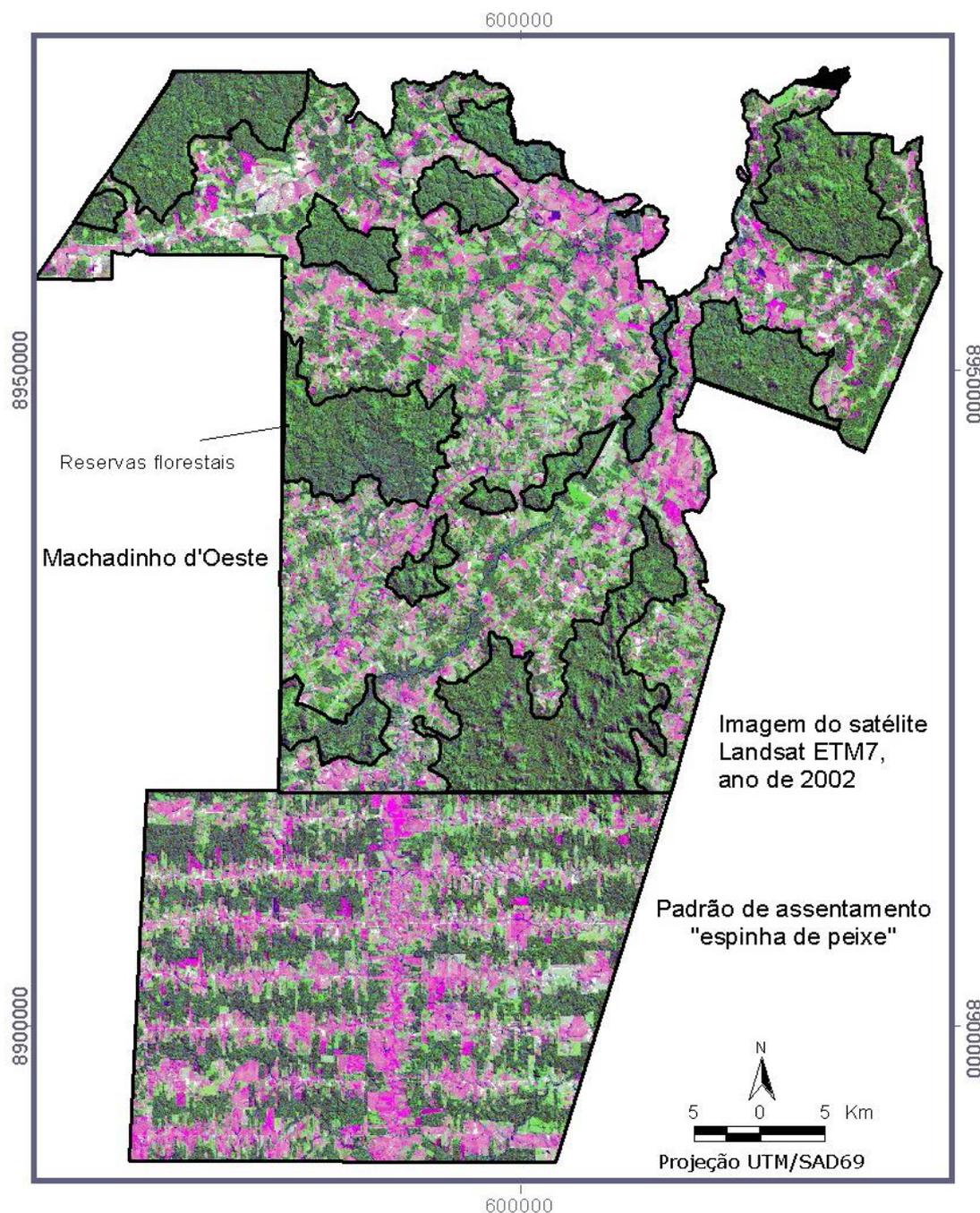


Figura 3. Arquitetura de dois tipos de projetos de assentamentos em Rondônia. O primeiro, Machadinho d'Oeste, com desenho baseado na topografia, e o segundo, Vale do Anari, com desenho ortogonal, também conhecido como "espinha de peixe".
Fonte: BATISTELLA (2001).

Assim, a arquitetura dos assentamentos afeta a estrutura da paisagem e os processos de fragmentação da floresta. Assentamentos ortogonais (“espinha de peixe”) produzem maior fragmentação florestal, menor complexidade espacial e menor intercalação entre classes da paisagem que assentamentos com desenho baseado na topografia (BATISTELLA et al., 2003). Já no caso de Machadinho d’Oeste, as reservas são em blocos, ou seja, são reservas comuns, que contribuem com menor índice de fragmentação florestal, como indicado pela análise de métricas espaciais no artigo de Batistella (2001), de acordo com as Figuras 4 e 5. As reservas florestais, em função de sua disposição em bloco e do arranjo institucional criado, têm-se mantido relativamente preservadas, criando a possibilidade de geração de serviços ambientais e mantendo rica fauna de vertebrados (MIRANDA; MANGABEIRA, 2002).

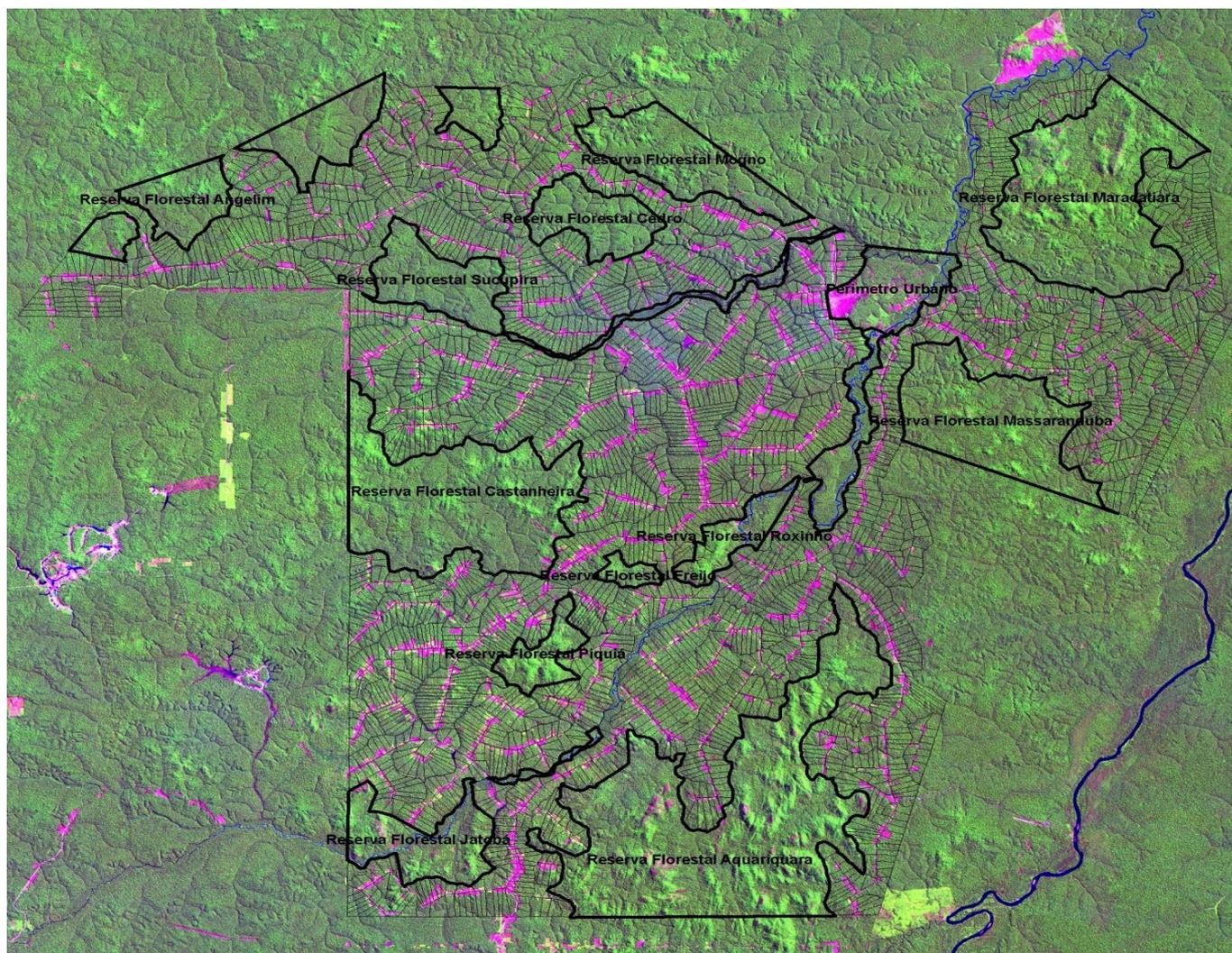


Figura 4. Projeto de Assentamento Machadinho d’Oeste, RO, reservas em blocos, imagens do satélite Landsat: 08/10/1986.

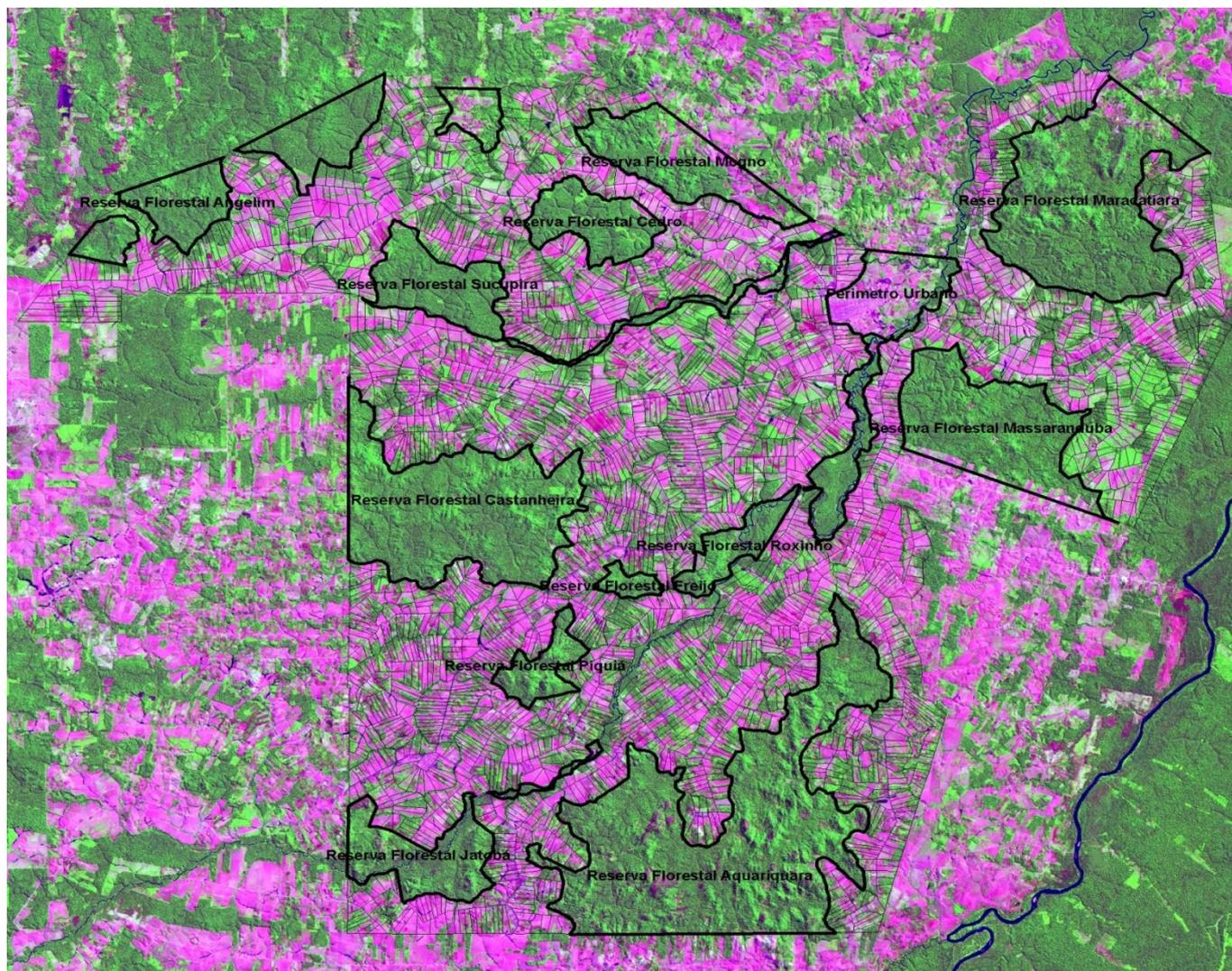


Figura 5. Projeto Projeto de Assentamento Machadinho d'Oeste, RO, reservas em blocos, imagens satélite Landsat : 09/08/2009.

O Município de Machadinho d'Oeste e sua estrutura econômica

O Município de Machadinho d'Oeste surgiu a partir de um assentamento do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incrá) PA Machadinho em 15/2/1982, consolidado pelo Decreto-Lei Federal nº 88.225/83, como parte do Programa POLONOROESTE, com um total de 2.934 famílias assentadas. Passou a município no dia 11/5/1988, por meio da Lei nº 198, assinada pelo então governador do estado, Jerônimo Garcia de Santana.

O Projeto de Assentamento Machadinho d'Oeste está hoje integrado ao Município de Machadinho d'Oeste, o que faz com que a cidade de Machadinho dependa economicamente do antigo projeto de assentamento. No início, a cidade dependia da madeira existente em abundância nos lotes dos assentados. Com o fim da comercialização da madeira nobre, o comércio local tornou-se dependente da produção agrícola da região. Esta condição de dependência é corroborada por Leite et al. (2004), em estudos para Núcleo de Estudos Agrários e Desenvolvimento Rural (NEAD), os quais mostram como a condição de assentado representou melhoria na condição de vida. Esse fato ocorreu também em Machadinho para os tipos de grupos de produtores estudados quanto ao nível de capitalização; o projeto produziu impactos importantes na geração de renda, tanto no âmbito do assentamento quanto no seu entorno, o que repercutiu na própria dinâmica da cidade.

Os 32.214 habitantes de Machadinho d'Oeste (IBGE, 2008) estão distribuídos em uma área territorial de 8.556 km² e têm como principais fontes de renda as seguintes atividades:

- Agricultura – café, cacau, guaraná, arroz, milho, feijão, seringueira (extração).
- Pecuária – criação de bovinos, tanto para leite quanto para corte.
- Indústrias – madeiras, moveleiras e de beneficiamento de cereais.
- Comércio – eletrodomésticos, confecções, autopeças, informática, supermercados, entre outros.

O levantamento socioeconômico de 2008 revelou que Machadinho d'Oeste tem somente um laticínio, o Laticínio Belém, que recebe 40 mil litros de leite por dia, de 1.116 produtores. A produtividade do leite gira em torno de 3,5 litros/dia. Dados do Idaron mostram que Machadinho d'Oeste, em 2008, possuía 145.972 cabeças de bovinos para uma área de 444.352 ha de pastagem, o que dá uma taxa de lotação bem baixa, de 0,3 cabeça ha⁻¹. Segundo a Sedam, o Município de Machadinho d'Oeste tem 7.200 lotes, dos quais, de acordo com a Idaron, 3.258 têm bovinos, ou seja 45% dos lotes. Machadinho d'Oeste tem cinco casas de produtos agropecuários, cujos principais produtos são herbicidas e sal mineral.

De acordo com a Sedam, há 25 madeiras, que geram de 10 a 12 empregos. Quanto aos dados da produção agrícola, as informações da Emater de Machadinho d'Oeste para o ano de 2008 mostram que a produtividade da maioria das culturas agrícolas é bem baixa. A produção de café em todos os anos apresenta rendimento com baixa produtividade devido ao déficit hídrico na florada.

Os dados do IBGE do censo de 1996 e do último, de 2006, mostram o que evoluiu na agropecuária em Machadinho d'Oeste. Em dez anos, a área de lavouras permanentes cresceu 85%, houve redução de 37,2% na área de lavouras temporárias e forte aumento das pastagens em 707% (Tabela 1).

Tabela 1. Evolução do uso das terras em Machadinho d'Oeste, RO.

	Número de estabelecimentos agropecuários (unidade)		Área em hectares dos estabelecimentos agropecuários	
	1996	2006	1996	2006
Total	2.025	4.459	271.468	533.757
Lavouras permanentes	1.628	2.686	10.413	19.264
Lavouras temporárias	1.492	1.539	11.426	7.175
Pastagens	1.594	3.925	30.362	244.944

Fonte: Censo Agropecuário IBGE (2006).

A Tabela 2 mostra como é baixa a mecanização em Machadinho d'Oeste e como ela evoluiu pouco em dez anos. Para um número total de 4.459 lotes, somente 2,5% deles possui tratores.

Tabela 2. Número de estabelecimentos e número de tratores em estabelecimentos agropecuários - primeiros resultados de 2006, para Machadinho d'Oeste, RO.

Número de estabelecimentos		Número de tratores	
1996	2006	1996	2006
18	92	20	110

Fonte: Censo Agropecuário IBGE (2006).

Os produtores de Machadinho d'Oeste usam muito pouca tecnologia dita "moderna". Em 2006, dos 4.459 produtores somente 135 faziam adubação, ou seja, apenas 3%, e 838 usavam agrotóxicos, aproximadamente 19% (Tabela 3).

Tabela 3. Número de estabelecimentos agropecuários por uso de adubação e por uso de agrotóxicos em 2006, Machadinho d'Oeste, RO.

Número de estabelecimentos agropecuários (unidades)	4.459
Uso de adubação = usa	135
Número de estabelecimentos agropecuários (Unidades)	4.459
Uso de agrotóxico = usa	838

Fonte: Censo Agropecuário IBGE (2006).

A Tabela 4 serve como referência para analisar, posteriormente, a produtividade do café em Machadinho d'Oeste (*Coffea canephora* variedades 'Conilon' e 'Robusta') quando comparada à do estado maior produtor desta espécie, que é o Espírito Santo. O Estado de Rondônia também é um grande produtor deste tipo de café.

Tabela 4. Rendimento médio da produção da lavoura permanente de café (kg ha⁻¹) no ano de 2008.

Região geográfica e unidade da federação	
Norte	752
Espírito Santo	1.245
Rondônia	713

Fonte: PAM –Produção Agrícola Municipal IBGE (2008).

Importância de informações espacializadas sobre dados socioeconômicos

Segundo Bueno (2000), a situação da falta de informações espacializadas é crítica no Brasil. Este autor cita que, do ponto de vista de gestão de recursos, a falta de um cadastro realista faz perder a percepção da informação sobre a ocupação e o uso do território e compromete a justa tributação, o planejamento de ações por parte das autoridades e o melhor uso dos recursos. Para este autor, a maneira mais eficiente de equacionar a solução desse problema é a utilização do geoprocessamento, que permite conhecer o quê, onde, quanto e quando, facilitando sobremaneira o planejamento por base municipal. Para Bueno (2001), o uso do sensoriamento remoto é muito importante para o levantamento do uso das terras e de cadastro rural para planos de desenvolvimento sustentável. Ele cita que as imagens ajudam na visualização e classificação do uso das terras, e que o governo brasileiro deve fazer esforços para realizar esses levantamentos, pois, segundo este autor, “possuímos um território vasto, com realidades diversas, e pretendemos um desenvolvimento sustentável, que demanda uma estrutura cadastral condizente e adequada”. E confirma que há crescente entendimento de que sistemas cadastrais e de uso das terras, elaborados com apoio de sensoriamento remoto, desempenham importante papel de suporte ao desenvolvimento econômico, gerenciamento ambiental e estabilidade social.

Na tentativa de resolver esta carência metodológica sobre espacialização de dados socioeconômicos, Mangabeira e Dorado (1998) realizaram algumas avaliações sobre o desempenho da agricultura em Machadinho d'Oeste, RO, tanto em termos de sua sustentabilidade quanto em relação à evolução da produtividade agrícola, uma vez que a grande maioria dos trabalhos relacionados à questão da avaliação da eficiência e da sustentabilidade agrícola baseia-se na forma convencional, sem considerar o fator espacial. Pesquisas nesse sentido foram feitas por Miranda e Dorado (1994a) e Miranda et al. (1995) enfocando a necessidade e a importância do levantamento do uso das terras e da avaliação da sustentabilidade agrícola com o uso de sensoriamento remoto, em especial por imagens de satélite e de técnicas de geoprocessamento.

No entanto, para gerar indicadores agroambientais e socioeconômicos espacializados são necessárias pesquisas que usem ferramentas de sistemas de informações geográficas (SIGs), que têm demonstrado vantagens na sua utilização para avaliar impactos ambientais e desempenhos produtivos de conjuntos de pequenas propriedades sobre unidades de paisagem e bacias hidrográficas, e mesmo sobre o município como um todo (MIRANDA; DORADO, 1994a, 1994b). Outros trabalhos, por exemplo, os que fazem uso de dados de pequenas propriedades do Município de Machadinho d'Oeste, RO, (MANGABEIRA; DORADO, 1998) mostraram seu interesse na identificação de amostras específicas de produtores rurais e posterior espacialização de dados numéricos. Atualmente, iniciativas de uso de geotecnologias para disponibilização de informações socioeconômicas, como ferramenta de apoio aos estudos de sustentabilidade e na análise da eficiência dos sistemas de produção, já foram iniciadas (AZEVEDO et al. 2001a, 2001b, 2002; GOMES et al. 2004; MANGABEIRA, 2002; MANGABEIRA et al. 2002, 2003a, 2003b). Mais recentemente, Agostinho (2005) avaliou os aspectos ambientais, sociais e econômicos no estudo de pequenas propriedades agrícolas no Município de Amparo, SP. Neste estudo, foram utilizadas como ferramentas a análise emergética e o sistema de informações geográficas (SIG).

Geoestatística no estudo da distribuição espacial de dados

Cromer (1996) comenta que a geoestatística é utilizada nas avaliações e caracterizações espacial e temporal de certos fenômenos, tendo sido inicialmente aplicada na mineração de ouro, introduzida pelo pioneiro Daniel Krige em 1950. Seus fundamentos matemáticos foram realizados por Georges Matheron no início de 1960. Posteriormente, a geoestatística foi aplicada nas indústrias de exploração de petróleo, e o sucesso da atividade estava ligado ao sucesso na aplicação de casos, uma vez que envolvia elevado capital, sendo as operações práticas baseadas na interpretação de dados espaciais. Assim, a base da geoestatística foi elaborada. A partir daí, a aplicação das técnicas da geoestatística expandiram-se para diversas áreas da ciência da terra, servindo como ferramenta de tomada de decisões e possibilitando melhoria na caracterização e entendimento de certos fenômenos.

A intensificação do uso da geoestatística, a partir dois anos 1980, decorreu do fato de que até então, segundo Goovaerts (1999), a geoestatística era vista essencialmente como um modo de descrever o padrão espacial por meio de semivariogramas. Novas ferramentas foram desenvolvidas para resolver os problemas, tais como o melhoramento da incerteza com os valores estimados. Este autor comenta que o recente desenvolvimento de aquisição de dados e de recursos computacionais propiciou que a geoestatística fosse largamente difundida e utilizada em diferentes áreas do conhecimento. Estas colocações são reforçadas por Kuzyakova et al. (2001), que discutem que as novas possibilidades de aplicação da geoestatística na ciência do solo foram decorrentes do desenvolvimento da sua base teórica e da ciência da computação, e que atualmente é utilizada de forma relativamente simples. Essa intensificação do uso das técnicas de geoestatística na ciência do solo ocorre porque assumiu-se que a distribuição espacial de pontos de observação apresenta correlações, ou seja, existe dependência espacial.

Srivastava (1996) comenta que a estatística clássica (não espacial) serve somente para analisar a distribuição estatística dos dados coletados. Já a geoestatística incorpora, além da análise da distribuição estatísticas dos dados, as relações espaciais entre eles na forma de correlação entre os pontos amostrados. Por essas diferenças, os problemas da ciência da terra são efetivamente analisados, atualmente por técnicas da geoestatística, quando a interpretação da distribuição espacial dos dados tem forte impacto sobre os resultados e sobre a tomada de decisão.

Para usar a geoestatística, todas as amostras ou dados coletados devem estar georreferenciados. Segundo Vieira et al. (2009), todas as amostras retiradas de algum ponto no espaço ou no tempo devem ser consideradas partes de uma função contínua e são pontos discretos dessa função. Por isso, pode-se dizer

que todas as amostras são, de algum modo, relacionadas com seus vizinhos, mesmo que não se conheça exata e matematicamente qual é a expressão para esse relacionamento. Nessa condição, pode-se dizer que amostras mais próximas são mais parecidas umas com as outras que amostras separadas por grandes distâncias. É óbvio que isso é totalmente dependente da intensidade de amostragem em relação à escala de trabalho. A geoestatística é a maneira mais correta e que contém as ferramentas ideais para analisar dados com dependência espacial, ou seja, cujos vizinhos próximos são mais semelhantes entre si que aqueles separados por distâncias maiores. A condição absoluta para o uso de geoestatística é que se tenham as coordenadas geográficas da posição de onde as amostras foram retiradas. Sem o conhecimento das coordenadas dos pontos onde foram efetuadas as medidas, sejam elas obtidas por GPS, por métodos topográficos, como distâncias a partir de uma origem arbitrária, ou qualquer outro método, não é possível fazer uso da geoestatística.

A variabilidade espacial de propriedades do solo vem sendo uma das grandes preocupações de pesquisadores há muito tempo. Praticamente desde que os pesquisadores iniciaram as amostragens ou medições no campo ficou evidente que alguma medida deveria ser tomada para que se pudesse confiar nos números obtidos. A variação de qualquer fenômeno, no espaço ou no tempo, seja ela causada por processos naturais ou por ações impostas pelo homem, sempre existiu e trouxe problemas para qualquer usuário do meio ambiente. Por outro lado, tem havido grande avanço nos métodos empregados, tanto para medições no campo quanto nos equipamentos e métodos de laboratório. Isso tem causado melhoria na sensibilidade dos medidores. Por esse motivo, medições de muitas características que antes se mostravam semelhantes, hoje em dia revelam diferenças que podem alterar os resultados. Simplificando, é como se há alguns anos as réguas para medir distâncias tivessem somente graduação a cada dez centímetros, enquanto hoje apresentam graduação que permite medir milímetros.

O semivariograma é a grandeza mais apropriada para decidir se a dependência espacial existe ou não. Dependência espacial existe quando a amostragem é efetuada em espaçamentos menores que as manchas na área. Portanto, a análise dos dados resultará em um semivariograma que apresenta crescimento na semivariância até uma determinada distância, a partir da qual ele se estabiliza (VIEIRA, 2000). Dessa maneira, a semivariância "depende" da distância. Caso o semivariograma não tenha nenhum crescimento com a distância e se constitua somente de flutuação em torno do valor da variância, então as amostras são independentes umas das outras e têm distribuição totalmente ao acaso. Nesta condição, diz-se que a variável tem efeito pepita puro (VIEIRA et al., 2009).

Uma nova abordagem de análise por intermédio da estatística multivariada associada à geoestatística

Este tópico não tem a finalidade de explicar os métodos de estatística multivariada e nem de geoestatística, mas sim de mostrar como essas ferramentas podem auxiliar o processo de avaliação de sistemas de produção agrícola. O que se propõe nesta etapa do trabalho de revisão de literatura é levantar trabalhos que usem dessas ferramentas na abordagem multivariada com geoestatística.

As técnicas da estatística clássica assumem que todas as amostras são aleatórias e independentes de uma distribuição de probabilidade simples. Esta suposição é chamada estacionaridade. Sua aplicação não envolve qualquer conhecimento da posição atual das amostras ou do relacionamento entre amostras. Já a geoestatística assume que a distribuição das diferenças de variáveis entre dois pontos amostrados é a mesma para toda a área, e que isso depende somente da distância entre eles e da orientação dos pontos (CLARK, 1979).

A junção da geoestatística e da estatística multivariada, quando aplicada aos problemas da ciência da terra, tem como objetivo principal o de estimar simultaneamente um conjunto de variáveis espacialmente correlacionadas (variáveis corregionalizadas). A utilização dessas técnicas é mais eficiente quando uma das variáveis não foi amostrada em quantidade suficiente devido a dificuldades experimentais ou a altos custos, proporcionando estimativas de precisão aceitável (GENÚ, 2004). Ou seja, a teoria e os princípios básicos da análise multivariada e da geoestatística são conhecidos desde os primórdios da Geoestatística. Os métodos geoestatísticos conseguem juntar o aspecto espacial (topologias) com o aspecto aleatório (probabilístico) das variáveis regionalizadas. Existem muitas aplicações de métodos univariados com a geoestatística, mas a literatura associando análise multivariada com geoestatística no Brasil não é muito extensa (UZUMAKI, 1994).

A junção da geoestatística e da estatística multivariada, quando aplicada aos problemas da ciência da terra, tem como objetivo principal o de estimar simultaneamente um conjunto de variáveis espacialmente correlacionadas (variáveis corregionalizadas). A utilização dessas técnicas é mais eficiente quando uma das variáveis não foi amostrada em quantidade suficiente devido a dificuldades experimentais ou a altos custos, proporcionando estimativas de precisão aceitável (GENÚ, 2004). Ou seja, a teoria e os princípios básicos da análise multivariada e da geoestatística são conhecidos desde os primórdios da Geoestatística. Os métodos geoestatísticos conseguem juntar o aspecto espacial (topologias) com o aspecto aleatório (probabilístico) das variáveis regionalizadas. Existem muitas aplicações de métodos univariados com a geoestatística, mas a literatura associando análise multivariada com geoestatística no Brasil não é muito extensa (UZUMAKI, 1994).

Além disso, as aplicações têm sido escassas nas áreas sociais, principalmente no Brasil. Neste contexto, alguns trabalhos são apresentados com este enfoque de estatística multivariada associada à geoestatística para áreas de ciência natural. Na pesquisa de Carvalho e Silveira (2001), foi analisada, mediante geoestatística e análise multivariada, a variabilidade espacial da produção de milho e feijão e foi investigada uma metodologia que permitisse a estimativa da produção, por meio da redução de variáveis envolvidas. As culturas de milho e feijão foram cultivadas em Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilosa, durante cinco anos consecutivos (1992-1996), sob três sistemas de preparo (arado, grade e plantio direto) na Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás, GO. O método dos componentes principais, pela estatística multivariada, reduziu consideravelmente a dimensão do problema, facilitando a interpretação (CARVALHO; SILVEIRA, 2001).

Neste mesmo enfoque, foi a pesquisa de Manzione et al. (2002) que analisou o comportamento espacial das variáveis Al, H + Al, SB, V% e pH em diferentes escalas, a fim de determinar seu comportamento no solo para o manejo a taxas variáveis. Mais recentemente, Manzione e Zimback (2011) utilizaram técnicas de análise multivariada e geoestatística na investigação do comportamento de um conjunto de variáveis químicas do solo, analisando a estrutura de correlação entre variáveis, aplicando análise de componentes principais (ACP), e chegaram à conclusão de que a análise multivariada apresentada mostrou-se uma ferramenta adequada para explorar a estrutura espacial, em diferentes escalas, de um conjunto de dados relacionados com um problema específico, ao unir técnicas geoestatísticas e análise de componentes principais.

Já Silva et al. (2011) investigaram, por meio de métodos multivariados e geoestatística, os níveis de estoque de potássio em função da densidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo húmico. Os dados foram analisados pela estatística clássica e, em seguida, submetidos à análise geoestatística com e sem associação multivariada. A utilização de atributos físicos para a estimativa de atributos químicos do solo demonstrou ser uma possibilidade plausível no estudo da fertilidade dos solos, uma vez que se observou relação espacial entre eles.

Porém, em todos os trabalhos pesquisados, a associação multivariada com a geoestatística foi usada para análises sobre os recursos naturais. Não foram encontrados trabalhos no Brasil usando a geoestatística e a análise multivariada com dados socioeconômicos.

Uso da geoestatística com dados socioeconômicos

No levantamento bibliográfico, pela internet, não foram encontrados trabalhos publicados no Brasil com uso da geoestatística com dados socioeconômicos. Na literatura internacional, praticamente todos os trabalhos encontrados foram na China. São trabalhos usando a geoestatística com dados para as áreas sociais, humanas e econômicas. Porém, o objetivo aqui não é o de analisar ou criticar a qualidade e os resultados dos trabalhos com geoestatística e dados socioeconômicos, mas sim mostrar que existem pesquisas nessas áreas que podem servir de exemplos para pesquisas no Brasil. Foram os seguintes os trabalhos encontrados, a maioria apenas na forma de resumos, que abordam a geoestatística em dados socioeconômicos:

- Li et al. (1999) estudaram, por métodos de geoestatística, o padrão da distribuição espacial do preço da terra urbana em Changzhou na China;
- Nas pesquisas de Jiang e Zhu (2005), foi analisada a distribuição espacial de preço das terras residenciais em Pequim no período de 1993 e 2003, chegando-se à conclusão da existência da alta variabilidade na distribuição espacial do preço das terras;
- Liang e Zhu (2003) fizeram pesquisas de análise de equilíbrio entre população e economia de uma região para estudos de desenvolvimento sustentável na província de Hubei, China, demonstrando que correlações entre a concentração da população (calculada pelo coeficiente de Gini), sua distribuição espacial e o nível econômico da região são fatores importantes para tomadas de decisão no arranjo econômico local e no controle populacional;
- Lian (2007) pesquisou o centro espacial de gravidade de população, o centro de gravidade econômica e a distribuição do emprego entre a área litoral e área ocidental da China;
- Também Yan et al. (2007) usaram dados estatísticos das cidades em Xuzhou em 2004, por métodos de geoestatística e ferramentas de ArcGIS, para estudar a distribuição de espaço e da densidade de população em Xuzhou;
- Zhang (2009), por intermédio de uma pesquisa empírica, determinou o índice de grau de concentração de varejo de acordo com características de mercado de varejo de Jinan, na China;
- Deng et al. (2009) avaliaram o preço da terra e sua distribuição espacial baseado em cokrigagem;
- WANG et al. (2011) pesquisaram a classificação de terras urbanas baseadas em análise de geoestatística.

Uso da geoestatística em Machadinho d'Oeste

Parte do artigo apresenta os resultados do monitoramento de longo prazo mantido pela Embrapa Monitoramento por Satélite há 22 anos no Município de Machadinho d'Oeste, Rondônia. Diante desse contexto, o objetivo é apresentar uma análise da variabilidade espacial dos dados referentes aos produtores, à propriedade rural (lotes) e aos sistemas de produção agropecuários da agricultura familiar em floresta tropical úmida, desde 1986 até 2008.

Como o uso da geoestatística, na maioria das vezes, fica restrito aos pesquisadores da área de solos, Mangabeira et al. (2005b), com o intuito de correlacionar outros dados e analisar a distribuição espacial de variáveis numéricas, pesquisaram a relação entre produtividade agrícola e tipologia de solos para o Projeto de Machadinho d'Oeste utilizando dados de 1999 da produtividade agrícola dos três principais sistemas de cultivo (café, milho e arroz) e dados de solos dos lotes provenientes do mapeamento realizado por Valladares et al. (2003), por intermédio da espacialização dos dados de produtividade e do percentual de saturação por bases (0 cm a 10 cm), utilizando como método de interpolação o inverso do quadrado da distância.

Outros trabalhos foram desenvolvidos nessa linha metodológica, como o de Grego et al. (2007), "Análise exploratória e dinâmica espaço temporal dos sistemas de produção em Machadinho d'Oeste (RO), entre 1986 e 2005". O trabalho de Gomes et al. (2009) também fez uso da geoestatística, propondo o uso de modelos de análise de envoltória de dados (DEA) para avaliar a distribuição espacial da eficiência de agricultores familiares na forma do uso da terra. Estudou-se a evolução da "produtividade da terra" para um grupo de agricultores de Machadinho d'Oeste em quatro períodos de tempo. As variáveis dos modelos DEA foram as produções de arroz, milho e café como *outputs* e a área total plantada dessas culturas como *input*. Os resultados mostram que o plantio simultâneo de arroz e milho foi a combinação de melhor desempenho. Houve dependência espacial para a eficiência produtiva nos quatro anos avaliados. Os anos de 1999 e 2002 apresentaram maior uniformização em termos da eficiência produtiva dos lotes por toda a área, com os lotes mais eficientes concentrados na parte central da área de estudo.

Mais recentemente, em trabalho inédito usando a geoestatística com dados socioeconômicos tratados por estatística multivariada, Mangabeira (2010) preenche esta lacuna da carência metodológica na área de análise espacial de dados socioeconômicos no Brasil, usando o ferramental da geoestatística e estatística multivariada. Neste trabalho, procurou-se, sempre que pertinente, fazer o paralelismo entre a geoestatística e a estatística multivariada por intermédio da análise fatorial de correspondência múltipla (ACM). O objetivo do trabalho de Mangabeira (2010) foi analisar a distribuição espacial das áreas georreferenciadas das reservas florestais em blocos e de lotes amostrados quanto ao seu nível de capitalização em um grupo de produtores rurais do Município de Machadinho d'Oeste, RO, durante o período de 1986 a 2008. A metodologia baseou-se na análise de correspondência múltipla (ACM), no geoprocessamento, na distribuição espacial por meio da geoestatística e da distância euclidiana considerando os centroides das propriedades em relação às reservas em bloco.

A priori, o uso da geoestatística no trabalho de Mangabeira (2010) foi usado para verificação da hipótese de existência de relação espacial entre os produtores mais capitalizados e a proximidade dos seus lotes do centro urbano, na tentativa de verificar se os produtores mais capitalizados localizam-se perto da cidade de Machadinho d'Oeste. Para verificar essa relação de existência de dependência espacial, foi utilizada a análise de variabilidade espacial por meio da análise geoestatística ou autocorrelação entre os lotes georreferenciados. Para tanto, foi construído e ajustado o semivariograma a partir dos dados obtidos dos 213 lotes georreferenciados, segundo metodologia e programas desenvolvidos por Vieira et al. (2002). Ao ser detectada a dependência espacial, foram interpolados dados por krigagem e foi construído o mapa de isolinhas no software ArcView 9.2. Partiu-se do princípio de que os grupos de produtores estudados apresentam padrões de distribuição espacial relacionados ao seu nível de capitalização em relação à proximidade com a cidade de Machadinho d'Oeste.

A metodologia do uso da geoestatística na análise espacial dos dados fica assim distribuída:

- A análise geoestatística considera a hipótese de autocorrelação ou dependência espacial entre os dados georreferenciados;
- Foi construído e ajustado o semivariograma, representação gráfica da semivariância dos dados com a distância, para verificar a ocorrência de dependência espacial;

- Após a verificação de existência de dependência espacial, foram interpolados dados por krigagem ordinária e espacialização em mapa de isolinhas, permitindo detectar e identificar padrões de níveis de capitalização de acordo com a dinâmica espacial encontrada.

O semivariograma encontra-se na Figura 6. O ajuste do semivariograma pelo modelo exponencial mostra a existência de dependência espacial entre os grupos, ou seja, um crescimento da semivariância em função da distância. Segundo Druck et al. (2004), o primeiro valor de semivariância calculado, $g(h)$ (no caso do semivariograma abaixo do valor 1,5), é denominado "efeito pepita" (C_0) e representa a variabilidade em distâncias menores que aquelas amostradas. No caso deste semivariograma, o valor do efeito pepita foi 1,5. A dependência espacial existe quando há aumento da semivariância até determinada distância, denominada "alcance" (a), que é a distância dentro da qual as amostras encontram-se correlacionadas espacialmente. No caso, o valor de alcance foi de 5.000 m. Após o alcance ocorre estabilização da semivariância em um valor denominado "patamar" ($C_0 + C_1$), sendo que após este valor não existe mais dependência espacial entre as amostras.

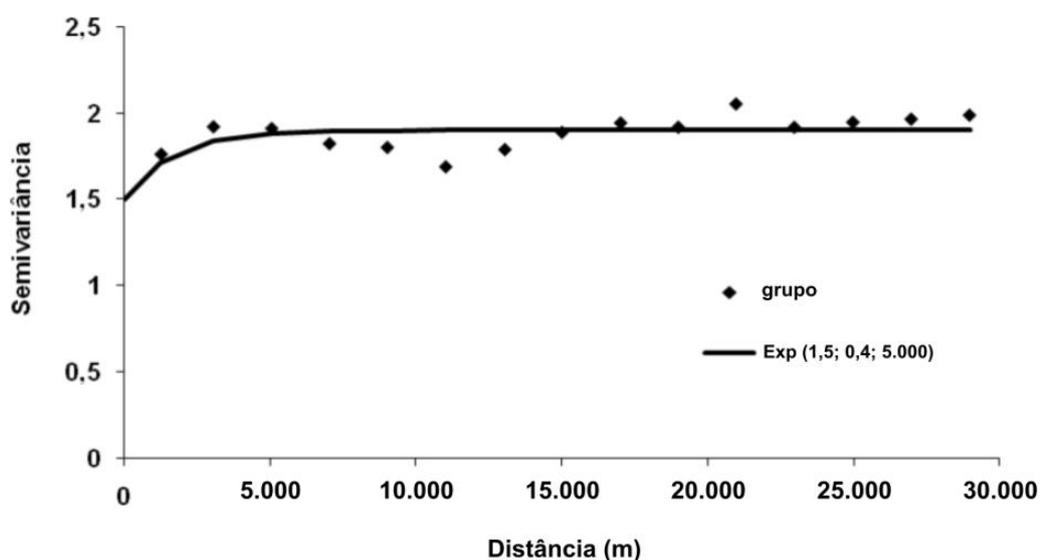


Figura 6. Semivariograma obtido pela representação gráfica da semivariância com a distância entre os níveis de capitalização dos agricultores em Machadinho d'Oeste, em 2008.

O semivariograma ajustado identificou a existência de dependência espacial; grupos capitalizados localizados num alcance de 5.000 m são mais parecidos quanto ao nível de capitalização que os mais distantes. A diferença entre o patamar e o efeito pepita é muito pequena, resultando num grau de dependência fraco (78%) segundo classificação de Cambardella et al. (1994), ou seja, pepita representa 78% da semivariância total. Porém, de alguma forma, a dependência espacial foi encontrada e poderia ser mais fortemente expressada se a distância entre amostras, ou seja, entre os lotes amostrados, fosse menor.

Apesar de fraca, dependência espacial existe e deve ser considerada. Com o ajuste do semivariograma, foi possível realizar a interpolação de dados nos locais não amostrados pelo método da krigagem e sua espacialização, resultando no mapa de isolinhas (Figura 7) com a plotagem dos lotes com seus respectivos níveis de capitalização. A krigagem é um processo para estimativa de valores de propriedades espacialmente distribuídas a partir de valores adjacentes interdependentes.

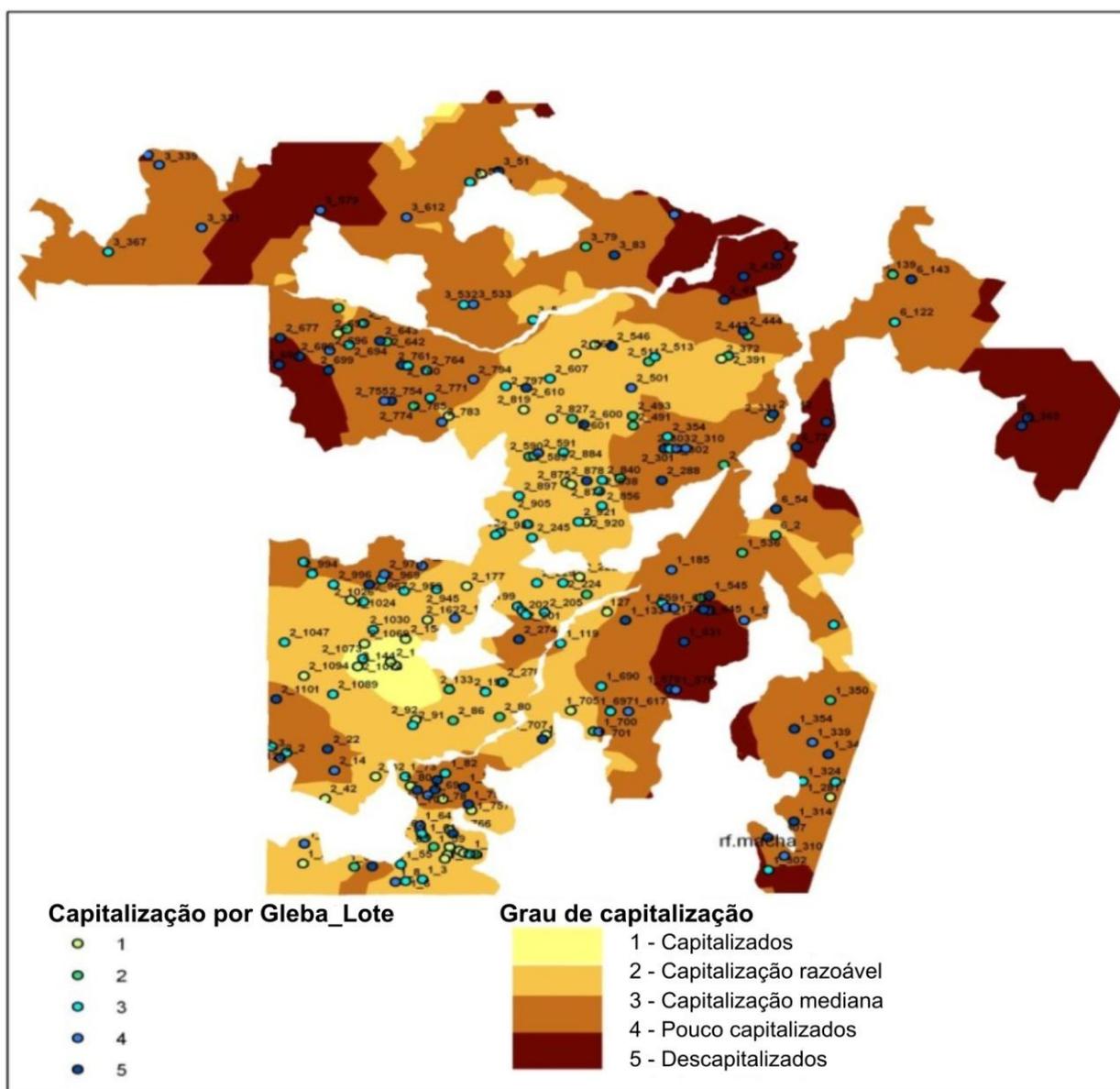


Figura 7. Semivariograma obtido pela representação gráfica da semivariância com a distância entre os níveis de capitalização dos agricultores em Machadinho d'Oeste, em 2008.

O resultado desta análise espacial mostra que houve dependência espacial entre os tipos de produtores amostrados quanto ao seu nível de capitalização e que eles encontram-se espalhados de modo espacialmente dependente por todo o município. Observa-se, na Figura 8, que há um espalhamento das manchas dos produtores mais capitalizados, diluindo-se por toda a área com sutil aglomeração na área central do município. Isso evidencia que não houve concentração dos mais capitalizados perto da cidade de Machadinho d'Oeste, o que refuta a hipótese de que a facilidade de acesso ao mercado, neste caso, seja um fator que contribui para a acumulação de capital.

Os resultados indicam que a metodologia proposta por meio da integração da socioeconomia com a análise espacial, utilizando ferramentas da geotecnologia, mostrou-se adequada e consistente. O trabalho representa, portanto, um caminho metodológico para estudos futuros sobre levantamento dos recursos naturais, valoração de serviços ambientais, avaliação e análises de impactos ambientais, sociais e econômicos da agricultura, estudos de sustentabilidade agrícola e pesquisas espaço temporais do uso das terras.

Considerações finais e recomendações

Estes dois métodos, estatística multivariada e geoestatística, já foram testados isoladamente em Machadinho d'Oeste e mostraram-se adequados nos estudos a que se propunham na época. Porém, estes instrumentais estatísticos são somente para analisar variáveis numéricas quantitativas e qualitativas via estatística multivariada, sem que haja uma análise espacial. Assim, as compreensões dos processos de evolução dos sistemas de produção ficaram prejudicadas. Esta lacuna fica preenchida, em parte, neste trabalho, que se propôs a aplicar esses dois métodos: a estatística multivariada, para a determinação da tipologia dos níveis de capitalização, e a geoestatística, para análise espacial dos tipos de capitalização oriundos da estatística multivariada.

A análise de correspondência múltipla (ACM) e a análise espacial de dados socioeconômicos com o uso da geoestatística contribuíram para a diferenciação dos sistemas de produção e foram adequadas na área da pesquisa socioeconômica. A junção dos instrumentais da estatística multivariada e da geoestatística enriqueceu as pesquisas socioeconômicas e a avaliação dos sistemas de produção.

O instrumental estatístico utilizado (ACM) mostrou-se adequado para evidenciar a complexidade e diferenciação dos sistemas de produção, assim como o uso da geoestatística (espacialização de dados socioeconômicos). Portanto, a junção da geoestatística com a estatística multivariada apresenta potencialidades no âmbito de pesquisas com dados socioeconômicos.

Referências

- AGOSTINHO, F. D. R. **Uso de análise emergética e sistemas de informações geo-referenciadas no estudo de pequenas propriedades agrícolas**. 2005. 226 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas.
- AZEVEDO, E. C. de; MANGABEIRA, J. A. de C.; MIRANDA, J. R. Análise da sustentabilidade das atividades agrícolas: uma contribuição dos sistemas de informações geográficas na gestão ambiental e no desenvolvimento sustentado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO RURAL, 4., 2001, Goiânia. **Anais...** Lavras: ABAR, 2001a. 8 p.
- AZEVEDO, E. C. de; MANGABEIRA, J. A. de C.; MIRANDA, J. R. **Utilização de sistemas de informações geográficas na análise da sustentabilidade das atividades agrícolas no Município de Holambra-SP**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2001b. 21 p. (Circular Técnica, 6).
- AZEVEDO, E. C. de; MANGABEIRA, J. A. de C.; MIRANDA, J. R. Utilização dos sistemas de informações geográficas na análise ambiental das atividades agrícolas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., 2002, Cuiabá. **Resumos...** Cuiabá: UFMT, 2002. p. 153.
- BATISTELLA, M. **Landscape change and Land-use/Land-cover dynamics in Rondônia, Brazilian, Amazon**. 2001. 257 f. Dissertation (Masters) - Center for Study of Institutions, Population and Environmental Change, Indiana University. (Series, 7).
- BATISTELLA, M.; ROBESON, S.; MORAN, E. F. Settlement design, forest fragmentation, and landscape change in Rondônia, Amazônia. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Bethesda, v. 69, n. 7, p. 805-812, 2003.
- BATISTELLA, M.; MORAN, E. F. Dimensões humanas do uso e cobertura das terras na Amazônia: uma contribuição do LBA. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 2, p. 239-247, 2005.

- BUENO, R. Falta de precisão das descrições de imóveis. **Revista InfoGEO**, Curitiba, v. 3, n. 13, p. 22-23, maio/jun. 2000.
- BUENO, R. O Cadastro e o desenvolvimento sustentável. **Revista InfoGEO**, Curitiba, v. 3, n. 18, p. 16-183, mar./abr. 2001.
- CAMBARDELLA, C.; MOORMAN, T.; NOVAK, J. PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, sept./oct. 1994.
- CARVALHO, J. R. de.; SILVEIRA, P. M. da. **Associação das técnicas multivariada e geoestatística na estimativa e interpretação de mapas de produção**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2001. 41 p. (Relatório técnico, 11).
- CLARK, I. The semivariogram - Part I. **Engineering & Mining Journal**, v. 180, n. 7, p. 90-94, 1979.
- CROMER, M. V. Geoestatistic for environmental and geotechnical applications: a technology transferred. In. SRIVASTAVA, R. M.; ROUHANI, S.; CROMER, M. V.; JOHNSON, A. I.; DESBARATS, A. J. (Ed.). **Geostatistics for environmental and geotechnical applications**. American Society for Testing and Materials, 1996. p. 3-12.
- DENG, Y.; LIU, S.; YAO, F.; WAHG, H. **Standard land price appraisal and space structure analysis based on Co-Kriging**. 2009. Disponível em: <http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-DLKJ200903014.htm>. ACESSO em: 14 out. 2011.
- DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. V. M. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, DF: Embrapa, 2004. 209 p.
- GENÚ, A. M. **Geoestatística multivariada**. Piracicaba: Esalq - Departamento de Ciências Exatas, 2004. Textos da disciplina de análise multivariada. Disponível em: <<http://www.lce.esalq.usp.br/tadeu/aline.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2011.
- GOMES, E. G.; MANGABEIRA, J. A. C.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B. Uso de Análise de envoltória de dados e de sensoriamento remoto: emprego do modelo fuzzy-DEA à avaliação de eficiência dos agricultores de Holambra. In: CONGRESSO DA APDIO, 11., 2004. Porto. **Anais...** Portugal: [s.n.], 2004.
- GOMES, E. G.; GREGO, C. R.; de MELLO, J. C. C. B. S.; VALLADARES, G. S.; MANGABEIRA, J. A. C.; MIRANDA, E. E de. Dependência espacial da eficiência do uso da terra em assentamento rural na Amazônia. **Produção**, v. 19, n. 2, p. 417-432, 2009.
- GOOVAERTS, P Geostatistics in soil science: state-of-the-art and perspectives. **Geoderma**, v. 89, n. 1/2, p. 1-45, 1999.
- GREGO, C. R.; MIRANDA, E. E, de.; VALLADARES, G. S.; CUSTÓDIO, D. de O.; FRANZIN, J. P.; SILVA, C. F. da. **Análise exploratória e dinâmica espaço temporal dos sistemas de produção em Machadinho d'Oeste (RO), entre 1986 e 2005**. Embrapa Monitoramento por Satélite, 2007. (Documentos, 64).
- IBGE. **Censo Agropecuário 2006. Brasil, grandes regiões e unidades da federação**. Rio de Janeiro: MPOG, 2009.
- JIANG, F.; ZHU, D. **A GIS-based study on spatial distribution of land prices the case of residential land prices in Beijing**. 2005. Disponível em: <http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-JJDL200502014.htm>. Acesso em: 11 out. 2011.

KUZYAKOVA, I. F.; ROMANENKOV, V. A.; KUZYAKOV, Y. V. Application of geostatistics in processing the results of soil and agrochemical studies. **Eurasian Soil Science**, v. 34, n. 11, p. 1219-1225, 2001.

LEITE, S.; HERIDIA, B.; MEDEIROS, L.; PALMEIRA, M.; CINTRÃO, R. **Impactos dos assentamentos**: um estudo sobre o meio rural brasileiro. Brasília, DF: Instituto Interamericano de Cooperação para Agricultura: Núcleo de Estudos Agrários e Desenvolvimento Rural: Editora Unesp, 2004 (Estudos NEAD, 6).

LIANG, Q.; ZHU, G. **Analyses of spatial distribution in economy and population in Hubei Province**. 2003. Disponível em: <http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-CJLY200304001.htm>. Acesso em: 14 out. 2011.

LIAN, X. **Analysis on the space evolvement track of population gravity center, employment gravity center and economic gravity center**. 2007. Disponível em: <http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-RKXX200703004.htm>. Acesso em: 13 out. 2011.

LI, C. F.; ZHOU, M.; FENG, Y. Z. Analysis of the spatial distribution pattern of urban land price with geostatistics. 1999. Disponível em: <http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-NJDZ199906009.htm>. Acesso em: 14 out. 2011.

LISBOA, P. L. B. **Rondônia: colonização e Floresta**. Brasília, DF: Cnpq: AED, 1989 212 p. (Programa Polonoeste: relatório de pesquisa, 9).

MANGABEIRA, J. A.; DORADO, A. J. **Dinâmica do desmatamento em projetos de colonização: o caso de Machadinho d'Oeste em Rondônia**. Campinas: Embrapa-NMA, 1998. 6 p.

MANGABEIRA, J. A. de C. **Serviços ecossistêmicos e trajetória de capitalização agrícola: o caso de Machadinho d'Oeste - RO**. 2010. 162 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas.

MANGABEIRA, J. A. de C.; ROMEIRO, A. R.; AZEVEDO, E. C. de; ZARONI, M. M. H. **Tipificação de sistemas de produção rural: a abordagem da análise de correspondência múltipla em Machadinho d'Oeste-RO**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2002. 30 p. (Circular Técnica, 8).

MANGABEIRA, J. A. de C. **Tipificação de produtores rurais apoiada em imagens de alta resolução espacial, geoprocessamento e estatística multivariada: uma proposta metodológica**. 2002. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MANGABEIRA, J. A. de C.; CARVALHO, C. A. de; OSHIRO, O. T. Disponibilização de informações do uso das terras em Holambra com WebGis. In: GIS BRASIL 2003: SHOW INTERNACIONAL DE GEOTECNOLOGIAS, 9., 2003, São Paulo. **Resumos...** Curitiba: FATOR GIS, 2003a. 1 p.

MANGABEIRA, J. A. de C.; LAMPARELLI, R. A. C.; AZEVEDO, E. C. Utilização de Imagem Ikonos II para Identificação de uso da terra em área com alta estrutura fundiária. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003b. 3 p.

MANGABEIRA, J. A. C.; VALLADARES, G. S.; GOMES, E. G.; BATISTELLA, M. Relação espacial entre produtividade agrícola e fertilidade do solo com uso de imagens de satélite e técnicas de geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005a.

MANGABEIRA, J. A. de C.; MIRANDA, E. E. de; GOMES, E. G. **Perfil agrossocioeconômico dos produtores rurais de Machadinho d'Oeste (RO), em 2002**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005b. 114 p. (Documentos, 38).

MANZIONE, R. L.; RODRIGUES, J. B. T.; ZIMBACK, C. R. L. Análise espacial multivariada aplica na definição de zonas de acidez do solo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2002.

MANZIONE, R. L.; ZIMBACK, C. R. L. Análise espacial multivariada aplicada na avaliação de fertilidade do solo. **REVENG** - Engenharia na agricultura. Viçosa, MG, v. 19, n. 3, 2011, p. 227-235.

MEIRELES FILHO, J. C. **O livro de ouro da Amazônia: mitos e verdades sobre a região mais cobiçada do planeta**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2004. 397 p.

MIRANDA, E. E. de. **A terra do mito e o mito da terra: os colonos do Projeto Machadinho, Rondônia**. Jaguariúna: Embrapa, 1987. 124 p.

MIRANDA, E. E. de. Avaliação do impacto ambiental da colonização em floresta amazônica. In: LÉNA, P.; OLIVEIRA, A. de. (Org.). **Amazônia: a fronteira agrícola 20 anos depois**. Belém, PA: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1991. p. 223-238. (Coleção Eduardo Galvão).

MIRANDA, E. E. de; MATTOS, C. **De colonos a munícipes na floresta tropical de Rondônia - Machadinho d'Oeste**. Campinas: Ecoforça/Embrapa-NMA, 1993.154 p.



Monitoramento por Satélite

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

