



A Revista Geográfica Acadêmica tem por objetivo publicar artigos científicos, artigo de revisão conceitual e notas técnicas, sobre geomorfologia, pedologia, biogeografia, geografia urbana, climatologia e geografia agrária. URL: [www.rga.ggf.br](http://www.rga.ggf.br)

Qualis da Capes (Ano-Base 2009): Geociências: B4; Interdisciplinar: B4; Ecologia e Meio Ambiente B5; Ciências Agrárias I B5; Engenharias I B5

The Geográfica Acadêmica is an electronic journal. The aims are publications about geomorphology, pedology, biogeography, urban geography, climatology and rural geography. URL: [www.rga.ggf.br](http://www.rga.ggf.br)

#### COMISSÃO EDITORIAL/EDITORIAL BOARD

Thiago Morato de Carvalho (INPA) - editor chefe/ in-chief [[editor@rga.ggf.br](mailto:editor@rga.ggf.br)]

Celso Morato de Carvalho (INPA)

#### COMISSÃO CIENTÍFICA/SCIENTIFIC BOARD

Adauto Souza Ribeiro (UFS)

Aguinaldo Silva (UFMS)

André L. Faria (UFV)

Antonio Henrique Klein (UNIVALI)

Celso Morato Carvalho (INPA)

Danielle Pereira da Costa (UEA)

David Adams (UEA)

Débora Pinto Martins (Université Lumière Lyon 2)

Deivison Molinari (UFAM)

Dinalva Donizete Ribeiro (UFG)

Dirce Maria Antunes Suertegaray (UFRGS)

Edgar Aparecido Costa (UFMS)

Eduardo Silva Pinheiro (UFAM)

Edvard Elias Souza Filho (UEM)

Fernando Campagnoli (SIPAM)

Ione Ivonete Burmester Morato de Carvalho (CEFET-SE)

Jan-Hendrik May (Universität Bern)

João Afonso Zavattini (UNESP)

João B.P. Cabral (UFG)

João Osvaldo Rodrigues Nunes (FCT/UNESP)

João Thadeu de Menezes (UNIVALI)

Jorge Alberto Villwock (PUCRS)

Lylian Coltrinari (USP)

Marília Kerr Amaral

Marisa Prado Gomes (EMBRAPA-GO)

Mauricio Meurer (Université Lumière Lyon 2)

Rafael Ávila Rodrigues (UFV)

Silvio Rodrigues (UFU)

Tatiana Schor (UFAM)

Thiago Morato Carvalho (Editor chefe)

Valter Antonio Becegato (UDESC-CAV)

Wellington Vilar (CEFET-SE)

Zilda de Fátima Mariano (UFG)

**Indexadores:** Sumários.org; Periódicos Capes; AGORA (Access to Global Online Research in Agriculture - FAO); Geoscience e-Journals; EBSCO Publishing; Genamics JournalSeek; GeoRef database; GALE Cengage Learnig; LATINDEX; CGP - American Geographical Society Library, IAG; DOAJ - Directory of Open Access Journals; PDP - Portal Domínio Público MEC/SEED/DITEC); Ocean Technology; Policy and Non-Living Resources; Meteorological and Geostrophical Abstracts; Water Resources Abstract; ICAAP - Journal Database; SJSU - Electronic Journals Index; Portal do LIVRE!; Open J-Gate; Portal do SEER; Eletronic Journals Library; E-journals.Org; Word Press.Org; NSDL (National Science Digital Library); EMSL (Earth and Mineral Science Library); e-Periodicos (Sistema de Bibliotecas da Unicamp).

## SUMÁRIO / CONTENTS

### ARTIGOS / PAPERS

<u>SISTEMAS DE DRENAGEM E EVOLUÇÃO DA PAISAGEM</u> <i>Telma Mendes Silva, Bárbara Pereira Santos</i>	RESUMO PDF <u>5-19</u>
<u>A RELAÇÃO ENTRE O MEIO FÍSICO E O AVANÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO NOROESTE DO PARANÁ</u> <i>Otávio Cristiano Montanher, Édipo Henrique Cremon, Edvard Elias de Souza Filho</i>	RESUMO PDF <u>20-31</u>
<u>CLASSIFICAÇÃO DE LAGOAS SALINAS E NÃO-SALINAS NO PANTANAL DA NHECOLÂNDIA UTILIZANDO UM SISTEMA LIVRE DE ANÁLISE DE IMAGENS ORIENTADA A OBJETO</u> <i>Tessio Novack, Ericson Hideki Hayakawa, Thiago de Castilho Bertani, Hiran Zani</i>	RESUMO PDF <u>32-45</u>
<u>O USO DO SOLO E O CONFLITO POR ÁGUA NO ALTO RIO RIACHÃO NO NORTE DE MINAS GERAIS: UMA ANÁLISE AUXILIADA PELAS GEOTECNOLOGIAS</u> <i>marcos esdras leite</i>	RESUMO PDF <u>46-55</u>
<u>A SEGREGAÇÃO SOCIOESPACIAL E AÇÕES DO PLANO DIRETOR: OS CASOS DO BAIRRO MARIA EUGÊNIA E A ÁREA CENTRAL DE VIÇOSA, MG.</u> <i>Nádia Menezes de Rodrigues</i>	RESUMO PDF <u>56-70</u>
<u>A IMPORTÂNCIA DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE VIRACOPOS PARA AS ESTRATÉGIAS EMPRESARIAIS NO MERCADO INTERNACIONAL</u> <i>Josmar Cappa, José Henrique Souza</i>	RESUMO PDF <u>71-82</u>



**Revista eletrônica de Geografia e áreas afins**  
**Electronic Journal of Geography and correlated areas**  
**Contato: editor@rga.ggf.br**



**Revista Geográfica Acadêmica by RGA is licensed under a Creative Commons Atribuição-Uso Não-Comercial-Vedada a Criação de Obras Derivadas 2.5 Brasil License.**  
**Based on a work at [www.rga.ggf.br](http://www.rga.ggf.br).**

**Permissions beyond the scope of this license may be available at <http://www.rga.ggf.br>**



## **SISTEMAS DE DRENAGEM E EVOLUÇÃO DA PAISAGEM**

### **DRAINAGE SYSTEMS AND LANDSCAPE EVOLUTION**

Telma Mendes da Silva

Departamento de Geografia – Universidade Federal do Rio de Janeiro  
telmendes@globo.com

Bárbara Pereira dos Santos

Departamento de Geografia – Universidade Federal do Rio de Janeiro  
barbara\_geo05@hotmail.com

#### **RESUMO**

Os mecanismos que envolvem a evolução dos sistemas de drenagem ao longo do tempo estão diretamente relacionados à própria compreensão da história evolutiva da paisagem, por estes ambientes trazerem consigo uma série de características em sua conformação, arranjo e distribuição dos canais fluviais que constituem peças fundamentais de um “quebra-cabeças” que envolvem à interpretação evolutiva de uma dada área. Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo trazer para debate aspectos fundamentais de análise dos sistemas de drenagem e que permitam à compreensão evolutiva da paisagem.

**Palavras-chave:** Sistemas fluviais; processos fluviais; evolução da paisagem.

#### **ABSTRACT**

The mechanisms that involve the evolution of drainage systems over time are directly related to their own understanding of the evolutionary history of the landscape, in these environments bring with them a number of features in its shape, arrangement and distribution of fluvial channels which are key components of a "puzzle" involving the evolutionary interpretation of a given area. In this context, this paper aims to bring to debate key aspects of analysis of drainage systems and to enable the evolving understanding of the landscape.

**Keywords:** Fluvial systems; fluvial processes; landscape evolution.

## 1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de drenagem sempre foram destacados por sua importância, tanto para o homem, como também para os mecanismos de transformação da paisagem, estes vinculados aos processos de dissecação e (re)modelagem do relevo. Áreas próximas às margens dos rios, relacionadas a acúmulo de sedimentos, apresentam morfologia bastante suaves e sempre atraíram as sociedades humanas, devido tanto a sua fertilidade como a facilidade de ocupação. Um exemplo é o fato das primeiras civilizações terem se estabelecido entre os rios Tigres e Eufrates (Mesopotâmia), devido a facilidade de captação de água potável, recurso raro em climas semiáridos, e sendo vista como um fator atrativo para as populações e essencial para o desenvolvimento de atividades econômicas; e, por outro lado, a rede hidrográfica pode também corresponder a um aspecto repulsivo, como por exemplo a ocorrência de áreas inundáveis impróprias ao uso e ocupação.

A conformação da rede de drenagem, assim como a disponibilidade de água potável, tem enorme importância para manutenção dos seres vivos, e é recurso natural essencial tanto para as atividades produtivas quanto a própria vida.

Devido a estas características, a meta principal deste trabalho é reunir informações sobre os mecanismos de evolução sistemas de drenagem na organização e (re)organização da rede de drenagem, procurando destacar elementos fundamentais na compreensão do modelado terrestre, tendo como objetivo norteador destacar o papel do (re)arranjo da rede de drenagem na evolução da paisagem durante os últimos milhares de anos (Quaternário), principalmente, ao que tange a dinâmica evolutiva da drenagem formadora. Os objetivos específicos são

identificar e caracterizar os principais fatores controladores da evolução fluvial na transformação da paisagem.

### 1.1. Processos evolutivos dos canais fluviais

O estudo dos mecanismos modeladores das formas de relevo tem dado ênfase ora ao papel exercido pelos canais fluviais, ora ao papel dos processos de encosta, além da neotectônica. A geomorfologia clássica acentuou a importância do trabalho dos sistemas fluviais na elaboração do modelado, tendo a teoria do ciclo erosivo de William M. Davis (1889) influenciado os pesquisadores até meados do século XX. Como a dinâmica fluvial era usualmente utilizada para explicar o desenvolvimento da paisagem, tanto em pequena quanto em grande escala, pouca importância foi dada ao estudo das encostas até os anos 50. A partir desta década, os estudos geomorfológicos sobre processos de encosta e fluviais aparecem em novo contexto, inseridos no estudo de bacias de drenagem.

Na década de 60, a retomada por Hack (1960) e Howard (1965) dos conceitos desenvolvidos por Gilbert (1877a; 1877b) sobre a concepção teórica de desenvolvimento do modelado em termos de equilíbrio dinâmico conferiu um novo rumo à interpretação das formas de relevo. A noção de que todos os elementos da paisagem se interrelacionam é a base da concepção de K. Gilbert, que compreende os sistemas geomorfológicos como um “emaranhado” de variáveis interdependentes: os rios e seus níveis de base locais estão relacionados com os processos que se desenvolvem nas encostas da mesma forma que as encostas, sendo fonte de água e sedimentos para os rios, estão diretamente relacionadas com a dinâmica fluvial. O somatório e a interação de tais processos ao

longo do tempo resultariam na elaboração das formas de relevo; as diferenciações morfológicas da topografia resultariam da relação entre as variações na magnitude e intensidade dos processos, desencadeados a partir da atuação de forças internas e/ou externas ao sistema geomorfológico, e as diferenças de resistência do substrato.

A existência de modificações na paisagem como resultado da ação de fatores extrínsecos ao funcionamento do próprio sistema é bastante utilizada pelos geomorfólogos. Muitos autores consideram que os mecanismos de evolução dos sistemas fluviais e das encostas estão diretamente relacionados à dinâmica de atuação dos processos erosivos, principais agentes modeladores da paisagem, cujo desencadeamento estaria relacionado a variações de forças externas, tais como variações dos índices pluviométricos ou redução da cobertura vegetal (Leopold *et al.*, 1964), responsáveis por modificações significativas na dinâmica dos fluxos superficiais e subsuperficiais.

Outro fator que merece destaque na elaboração das formas de relevo se refere ao condicionamento estrutural (aspectos litológicos e tectônicos), também considerado como agente externo na elaboração da paisagem. Ainda no contexto da geomorfologia clássica, Penck (1953) interpreta a diversidade morfológica como função da interação entre as taxas de elevação da crosta (tectonismo) e as de denudação, enquanto Kennedy (1962) coloca que a erosão controla, em geral, os processos de denudação, sendo, porém, ambos controlados pelo tectonismo.

A grande variedade de respostas dos sistemas geomorfológicos seria, na realidade, função da variação de fatores externos e internos e indica uma complexidade temporal e espacial na evolução da paisagem de difícil explicação segundo as teorias tradicionais. Brusden e Thornes (1979) destacam que a

complexidade das respostas aos fatores desestabilizadores da paisagem é de fundamental importância na compreensão da elaboração de diferentes formas de relevo. A sensibilidade do modelado estaria diretamente relacionada às condições intrínsecas de cada subsistema, existindo subsistemas de alta sensibilidade ao lado de áreas praticamente estagnadas (Crickmay, 1959). Deste modo, a descontinuidade das respostas estaria associada não somente às interferências externas, mas representaria algo inerente à evolução do próprio sistema.

Schumm e Hadley (1957) elaboraram um modelo hipotético de ciclos de erosão/deposição para pequenas bacias de drenagem localizadas nas regiões de clima semiárido do oeste dos E.U.A., em que esses conceitos fundamentais já podiam ser apreendidos. Este modelo pode ser sintetizado nas seguintes etapas (Figura 1):

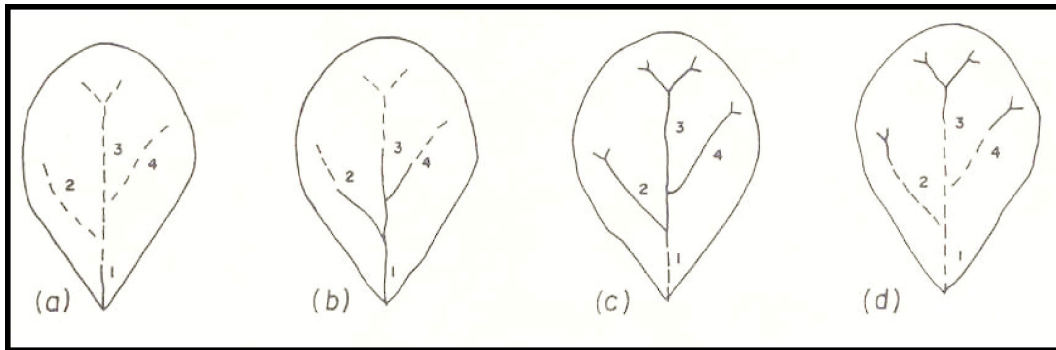
a) um vale tributário, entulhado por uma sedimentação intensa, é integrado à rede de drenagem pelo desenvolvimento de uma voçoroca remontante, iniciada nos alúvios do canal principal – o processo de regressão nas cabeceiras entulhadas promove uma fase de rejuvenescimento na bacia;

b) a erosão regressiva atinge os tributários menos hierarquizados;

c) o volume de sedimentos produzido é grande, em função da erosão nos tributários de ordens inferiores e nas encostas, levando, assim, a uma nova fase de agradação a partir da junção do vale tributário com o canal principal – local este onde o aporte de sedimentos é maior que a energia do fluxo para carregá-los, levando à sedimentação;

d) a deposição se estende para montante, preenchendo os canais de ordens menores até o preenchimento generalizado das cabeceiras de drenagem – sobre tais sedimentos podem se desenvolver

voçorocas descontínuas, o que daria início independente da dinâmica de evolução da a uma primeira fase de entalhamento drenagem principal. fluvial, ciclo este temporariamente

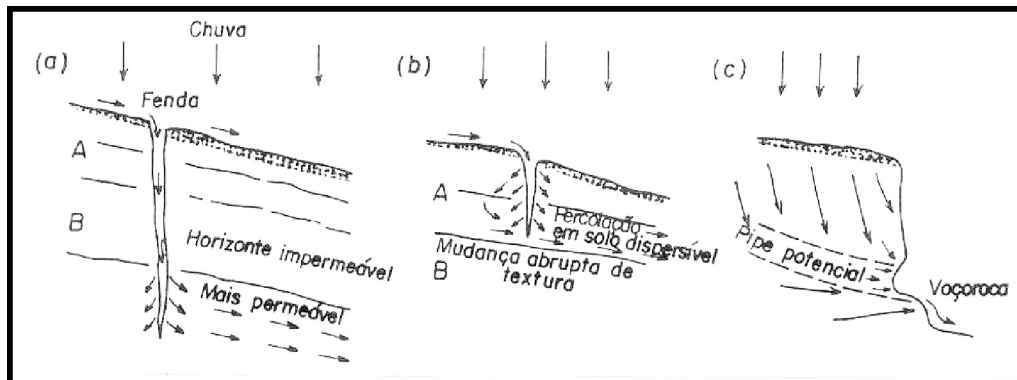


**Figura 1** - O ciclo de encaixamento e preenchimento dos vales fluviais semiáridos. Os traços pontilhados indicam sedimentação dos canais e o traço contínuo processo de erosão linear acelerada (modificado de Schumm e Hadley, 1957).

Devido às dimensões que alcançam, *erosion*); o aprofundamento e alargamento os processos de erosão linear acelerada destes resultam em processos de erosão (voçorocas) têm sido bastante discutidos, linear acelerada – voçorocas (*gully erosion*). Outros pesquisadores, p. ex. principalmente, no que tange à sua origem e evolução. Para Hadley *et al.*, (1985), dois fatores são fundamentais na origem de importância dos fluxos subsuperficiais no desenvolvimento dos processos erosivos. O papel do homem na transformação acelerada da paisagem através da retirada da cobertura vegetal nativa – resultante do desmatamento, agricultura, queimadas e/ou pastagem.

Selby (1982), Chorley *et al.* (1984), Hadley *et al.* (1985) associam à dinâmica dos fluxos superficiais uma sequência evolutiva para os processos erosivos: fluxos superficiais laminares que resultam de um índice de precipitação superior à capacidade de infiltração dos solos, que, obedecendo à lei da gravidade, escoam à superfície do terreno – resultam em processos de erosão em lençol (*sheet erosion*), podendo evoluir através de uma gradativa concentração linear, originando pequenos e estreitos canais erosivos, que denominados de sulcos e ravinas (*rill erosion*); o aprofundamento e alargamento destes resultam em processos de erosão linear acelerada – voçorocas (*gully erosion*). Outros pesquisadores, p. ex. Whipkey e Kirkby (1978) destacam a importância dos fluxos subsuperficiais no desenvolvimento dos processos erosivos. O desencadeamento de fluxos subsuperficiais está relacionado a determinadas condições hidrodinâmicas dos solos: descontinuidades provocadas pela presença de camadas impermeáveis, acima das quais passariam a ocorrer fluxos subsuperficiais; níveis dentro do solo com condições de umidade antecedente muito elevada ou diferenciação do solo em camadas, de origem tanto pedogenética quanto sedimentar (Whipkey e Kirkby, 1978). A estes fluxos são associados os processos erosivos por túneis – tubos naturais que variam grandemente em comprimento (de poucos centímetros a centenas de metros) e diâmetros de até dois metros, comuns nas paredes das cabeceiras de voçorocas e/ou movimentos gravitacionais de massa. Tais túneis erosivos podem ser desencadeados a partir de determinadas condições nos solos, tais como fendas ocasionadas pelo ressecamento nos períodos de estiagem, que atingem camadas de diferentes permeabilidades, levando a uma infiltração

rápida e ao desencadeamento de fluxos carreamento das partículas pelos fluxos subsuperficiais em camadas mais d'água subsuperficiais; ressurgência de permeáveis subjacentes ou fendas que fluxos subsuperficiais em paredes de atingem camadas com alto percentual de voçorocas, onde a percolação da água faz argilas dispersivas, com desestruturação com que as partículas sejam levadas para dos agregados do solo facilitando o fora do solo (Figura 2).



**Figura 2** - Condições favoráveis à formação de túneis erosivos: a) fendas e horizonte permeável abaixo de impermeável; b) horizonte de argila dispersiva; c) retração de paredes de cabeceiras de voçorocas (modificado de Selby, 1982).

Berger e Aghassy (1984) sensivelmente das formas de vale com consideram que os fluxos superficiais vertentes de declives mais suaves, concentrados e o desencadeamento de desenvolvidas em locais onde ocorre processos erosivos acelerados (exemplo erosão fluvial normal. Schumm e Hadley ravinas e voçorocas) podem ser (1957), Leopold *et al.* (1964) e Selby interpretados como um primeiro estágio da (1982) também associam ao mecanismo evolução da rede de drenagem e, evolutivo das voçorocas os fenômenos de geralmente, revelam uma correspondência extensão da rede de drenagem ou com estruturas geológicas. Outro fato fenômenos de encaixamento erosivo nos observado por estes autores é que a fundos de vale, sem, no entanto, definir o dinâmica dos fluxos subsuperficiais pode grau de influência de fatores tectônicos ou ser influenciada localmente por estruturas climáticos.

soterradas, como falhas e dobras, que interrompem a uniformidade do fluxo pronunciado controle estrutural no podendo gerar fenômenos de erosão desenvolvimento e na distribuição de subsuperficial, principalmente em regiões voçorocas na região norte-ocidental do Estado de São Paulo, constatado pela feições resultantes são geralmente coincidência dos eixos longitudinais das definidas por vales profundamente voçorocas com as fraturas presentes. entrincheirados, onde ocorre o predomínio Ressaltam, também, a correlação de do mecanismo de *piping* (erosão por fluxo algumas voçorocas com variações nas subsuperficial raso) e *sapping* (erosão pela propriedades pedológicas (porosidade e descarga de água subterrânea) – Fernandes permeabilidade) dentro do próprio pacote (1990) – com desenvolvimento de túneis deposicional e no contato entre este e a erosivos e solapamento das paredes dos rocha. Morisawa (1985) afirma que planos vales, voçorocados por processo de de fratura exercem influência fundamental encaixamento fluvial, diferindo sobre o movimento da água em



subsuperfície.

Pode existir uma dupla função do controle estrutural: o ajustamento na forma e nos níveis de base ao longo do curso de canais pré-existentes, bem como a influência para formação e evolução de novos tributários.

Existe uma diversidade muito grande de interpretações quanto à origem e o comportamento das forças que atuam no desencadeamento dos fenômenos de erosão linear acelerada, sendo a complexidade dos fatores envolvidos bastante destacada na literatura (p. ex., Schumm e Hadley, 1957; Selby 1982; Chorley *et al.*, 1984). Selby (1982) relaciona três principais processos operando na formação e evolução de voçorocas: fluxos superficiais, movimentos gravitacionais de massa e erosão em túnel, que, por sua vez, ocorrem em conjunto e não como condicionantes isolados. Os ciclos de erosão e deposição na evolução dos sistemas fluviais e de encostas estão intimamente relacionados à concepção de dinamismo da paisagem.

A magnitude e a duração dos processos modeladores da paisagem (processos de erosão e sedimentação) sofreram grande variação ao longo do tempo e no espaço, tanto em diferentes regiões, como para uma mesma região. Kottlowsck *et al.* (1965) afirmam que nos últimos milhares de anos podem ser documentados inúmeros epiciclos de erosão e sedimentação, havendo uma variação destes episódios nas bacias de drenagem assim como ao longo de um mesmo canal fluvial, ligadas à variação dos limites críticos e das respostas complexas de cada ambiente.

Deve-se ser considerado que o entendimento da atuação dos processos modeladores da paisagem ao longo do tempo e suas variações espaciais, conseqüentemente a apreensão da história geomorfológica, necessitam da integração com os estudos estratigráficos, a partir da

análise detalhada do registro sedimentar, argumento material de preservação dos diferentes eventos de elaboração da paisagem (Johnson, 1982).

As formas atuais do relevo são resultantes do somatório dos processos relacionados aos rios e as encostas, e a variação de magnitude e frequência de tais processos ao longo do tempo geológico. Outro mecanismo importante na configuração do relevo é a diferença de resistência dos substratos, além da influência dos agentes internos e externos que o modelam, ou seja, os aspectos litológicos e tectônicos e aspectos voltados ao regime climático.

As últimas fases de elaboração das formas de relevo ocorreram no Quaternário. Nesse período a apreensão do mecanismo evolutivo dos ambientes de encosta e das calhas fluviais aparece como fundamental no processo de esculptura da paisagem, sendo possível através da análise de sistemas de drenagem investigar a evolução geológico-geomorfológica em escala local ou regional.

Ollier (1981), Summerfield (1991), Bishop (1995) fazem referência à utilização da análise do arranjo da rede de drenagem como parâmetro de investigação da existência de controle tanto de estruturas geológicas antigas como da tectônica ativa (neotectônica) na paisagem (Gontijo, 1999).

Segundo Burbank e Anderson (2001) os elementos de uma bacia de drenagem (interflúvios, encostas e canais fluviais) respondem de maneiras distintas aos impulsos tectônicos, sendo os mais sensíveis os canais fluviais. A diversidade e complexidade das respostas estariam relacionadas à sensibilidade da paisagem às modificações ambientais, existindo subsistemas de alta sensibilidade ao lado de áreas praticamente estagnadas (Moura, 1990). Por exemplo, a mudança de um grau na declividade do gradiente do canal pode

causar o aumento significativo do poder erosivo do fluxo, começando o rio a erodir seu próprio leito, enquanto que áreas de captura da bacia e interflúvios são praticamente insensíveis a tais mudanças numa escala de tempo pequena. Esta rapidez na resposta aos impulsos tectônicos torna os cursos fluviais os elementos de menor inércia geomorfológica, com isso seriam os ambientes mais favoráveis para o estudo das alterações da paisagem em “escala de tempo holocênica”.

## 1.2. Fatores controladores da evolução fluvial

A morfologia de um vale depende de três mecanismos da evolução fluvial (Small, 1978): aprofundamento de vale; erosão lateral (alargamento) e comprimento dos vales.

O **aprofundamento do vale** acontece quando um rio adquire mais velocidade, ou volume de água e passa a erodir mais do que pode depositar.. Este processo ocorre principalmente nas cabeceiras de rios, onde a energia potencial é maior. Tais vales apresentam seções mais recortadas (em forma de V), com fluxo de água mais veloz e turbulento, o que intensifica a ação erosiva do canal.

A **erosão lateral ou o alargamento de vale** ocorre quando um rio não consegue mais erodir o seu leito, ou seja, alcançou o seu nível de base. O rio, porém continuará a erodir o vale a sua volta, dessa vez mais intensamente nas laterais do seu curso, alargando assim seu vale. Durante essa erosão lateral o rio poderá apresentar curvas meândricas, ou seja, terá um curso mais sinuoso, poder erosivo reduzido e menor velocidade, ou outras vezes apresentar forma em *Braided* (ver em Nanson and Knighton 1996).

Em relação ao **comprimento dos vales** um rio pode aumentá-lo de duas formas diferentes: através da **erosão de cabeceira**, que está intimamente ligada a

gênese e evolução de ravinas, voçorocas e vales. Este mecanismo evolutivo ocorre quando a erosão no curso de um rio chega à cabeceira devido a uma maior intensidade erosiva alcançado por este, podendo erodir o divisor de água resultado na captura fluvial da rede de drenagem adjacente; e através da **formação deltaica na foz**, levando ao aumento da extensão do rio e neste caso se faz através da deposição de sedimentos, e não da erosão. Quando um rio deságua em corpos de águas mais calmos que o próprio rio, como por exemplo, lagos e oceanos, sua velocidade é dissipada e sua carga sedimentar depositada. Devido à continuidade deste processo, essa deposição começa a assorear a desembocadura do rio, se este não obtiver força suficiente para escavar novamente a mesma saída, se torna forçado a procurar um curso secundário a ser seguido. Dessa forma, criam-se os deltas fluviais.

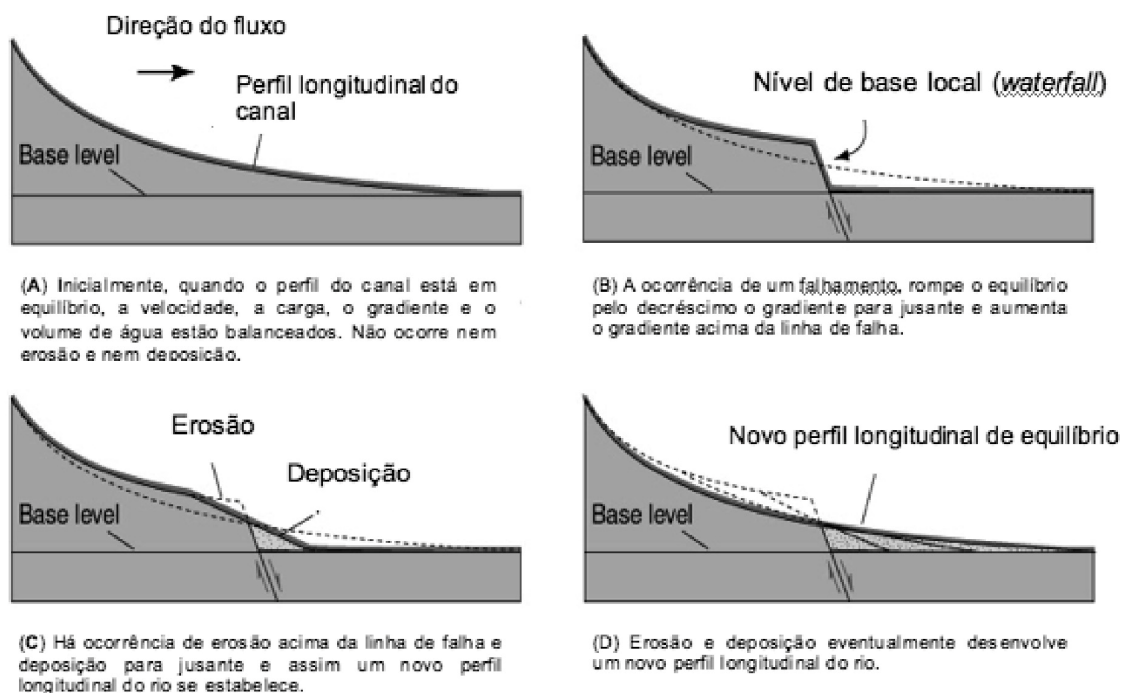
No entanto, em alguns casos a corrente marítima é mais forte que a do rio e não há formação de um delta estruturado.

O estágio de evolução de um rio pode ser visualizado a partir de um perfil longitudinal, que mostra principalmente sua declividade. Segundo Christofolletti (1981) o perfil longitudinal de um rio é a representação visual da relação entre a altimetria e o comprimento de determinado curso de água, para as diversas localidades situadas entre a nascente e a foz, este apresenta genericamente declividades maiores em direção a nascente e cada vez mais suaves em direção à jusante (Figura 3).

No entanto este decréscimo da declividade em direção a jusante não é constante, podem ocorrer modificações no perfil longitudinal, por exemplo, devido o aumento de sedimentos carregados. O perfil longitudinal de um rio é considerado em equilíbrio, quando este possui uma declividade que providencie a velocidade necessária para que possa transportar toda

a carga que lhe é fornecida pelo setor a busca pelo equilíbrio propaga-se de montante, mantendo desta forma a maneira progressiva a partir do nível de declividade sem alterações. O rio base. Os setores localizados a jusante são equilibrado possui um balanço constante os primeiros a alcançarem o perfil de entre a taxa de sedimentação e erosão, ou equilíbrio, enquanto os próximos à seja, erosiona e transporta sedimentos de cabeceiras serão os últimos. A erosão forma eficiente, sendo um rio ideal. regressiva constitui o processo responsável

Segundo Christofolletti (1981) a por essa expansão remontante.



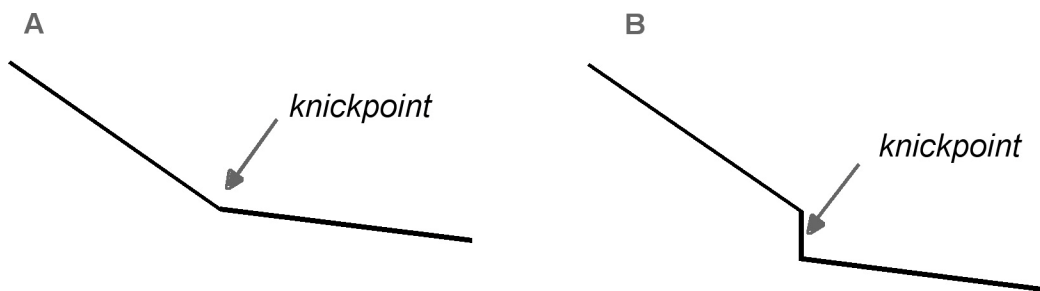
**Figura 3** - Esquema evolutivo de um perfil de rio ao longo do tempo, de acordo com diferentes influências estruturais e de sedimentação até se aproximar das condições do perfil de equilíbrio. Modificado de *Brooklyn College Geology* (2008).

Segundo Christofolletti (1981) o equilíbrio propaga-se de maneira progressiva, a partir do nível de base. Os setores localizados a jusante são os primeiros a alcançarem o perfil de equilíbrio, enquanto os próximos às cabeceiras serão os últimos. A erosão regressiva constitui o processo responsável por essa expansão remontante.

### 1.3. Níveis de base e evolução dos sistemas de drenagem

A primeira concepção formal do conceito de níveis de base foi introduzida por J. W. Powell em 1875, segundo este autor o nível de base seria o limite mais baixo do qual o rio não pode mais erodir, o nível do mar é o nível de base global, onde a erosão cessa. No entanto, podem ocorrer níveis de base locais e temporários representado genericamente por um afloramento rochoso mais resistente ao longo do leito de um rio, que exerce a

mesma função temporariamente, ou seja, considerado por Powell (1875) como nível impede a dissecação do relevo à montante de base geral, sofre variações devido às oscilações eustáticas. Segundo Dantas (1995) não existe um nível de base fixo na natureza, pois até mesmo o nível do mar,



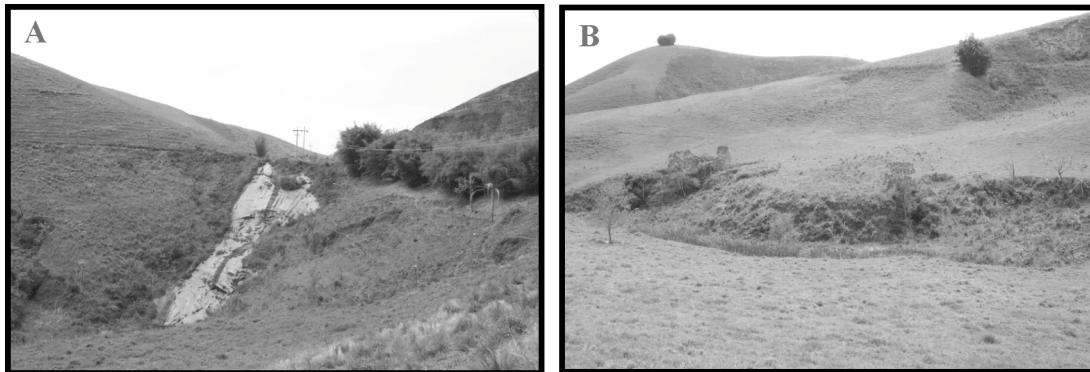
**Figura 4** - Perfis esquemáticos de *knickpoints* (níveis de base locais): **A** – variação de declividade ao longo do perfil que leva a variação de energia do fluxo d’água ou competência do canal fluvial, a partir do qual começa a predominar a deposição; **B** – variação abrupta de declividade ao longo do perfil, marcando um nível encachoeirado.



**Figura 5** - Desnível topográfico dado pela ocorrência de um Nível de Base Local (NBL) – indicado pela seta na cor branca - que mostra uma retenção da sedimentação à montante e um acentuado encaixamento fluvial à jusante. Foto da Nova Zelândia – Fonte: *Civil and Environmental Engineering* (2008).

Os níveis de base podem ser **nível de base local**: superfície limite para a erosão nivelada a partir de elementos situados no interior das áreas continentais, como por exemplo, a superfície de um lago. Para Cotton (1948) o nível de qualquer ponto do rio pode ser considerado como nível de base local para o trecho do rio situado a montante do ponto e para todos os seus tributários (Figura 6).  
**nível de base geral**: que corresponde a superfície plana formada como prolongamento do nível do mar sob as terras continentais;  
**nível de base temporário**: superfície limite para a erosão, nivelada a partir de um elemento de duração relativamente efêmera, como mencionado anteriormente, como um afloramento de rochas resistentes ao longo do curso de um rio (Figura 3) e conceito de nível de base se tornou um

elemento básico para os estudos de base gera uma retomada da erosão através geomorfologia fluvial, considerando que de uma nova onda erosiva ou de uma fase este é o ponto controlador da erosão de entulhamento que progridem remontante de um canal fluvial. Toda e gradativamente ao longo dos cursos dos qualquer mudança na posição do nível de rios em direção de montante.



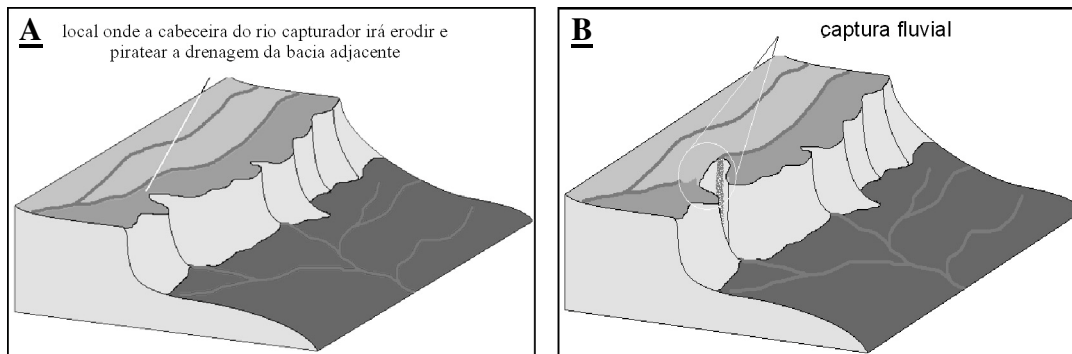
**Figura 6 - A:** *knickpoint* (alteração no nível de base) no afluinte do rio Vargem Grande, onde o processo de erosão é mais acentuado; **B:** retenção da sedimentação quaternária acima do *knickpoint* (A) - (Bananal -SP). Fonte: Silva *et al.* (2006).

#### 1.4. A migração de níveis de base locais e de cabeceiras de drenagem e o desencadeamento de capturas fluviais

As alterações dos níveis de base locais (denominados *knickpoints*) são grandes irregularidades no perfil longitudinal de um rio como degraus, descontinuidades, onde há mudanças bruscas na declividade entre dois segmentos fluviais, gerando uma grande ação erosiva e o que provoca uma fase de rejuvenescimento. Estas alterações podem ocorrer devido à diferença de erodibilidade, rochas mais resistentes tendem a marcar mudanças bruscas, ou

devido ao tectonismo (dobramentos ou falhas). O *knickpoint* torna o perfil longitudinal do rio mais íngreme aumentando assim o seu poder erosivo, essa erosão do leito do rio impulsionará a migração do *knickpoint* em direção à cabeceira o que pode resultar em uma captura de drenagem (Burbank e Anderson, 2001).

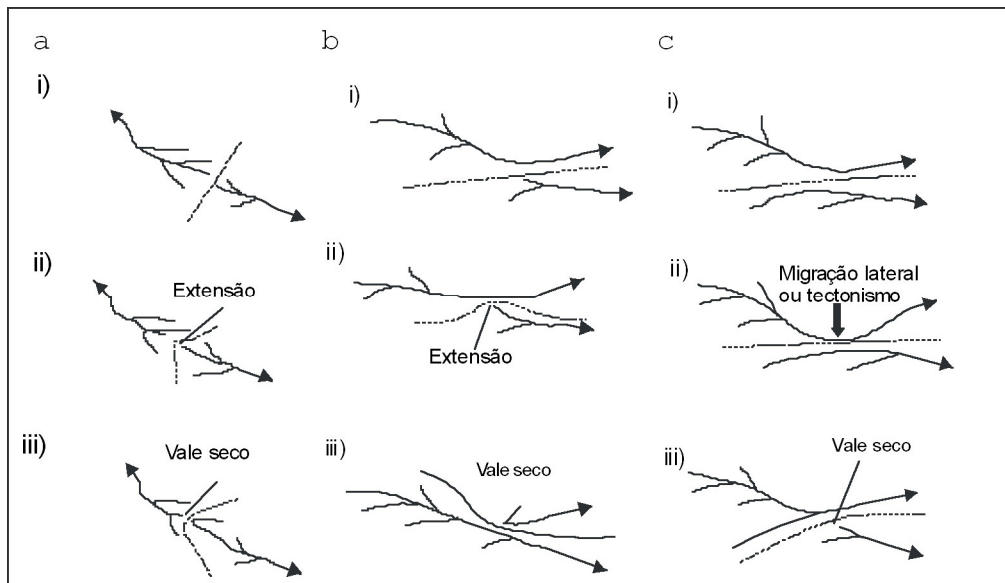
Segundo Christofletti (1981) capturas fluviais correspondem ao desvio das águas de uma bacia fluvial para outra, promovendo a expansão de uma drenagem em detrimento da outra (Figura 7).



**Figura 7** - Esquema evolutivo do mecanismo de evolução de sistemas de drenagem levando ao fenômeno de captura fluvial. **A** – bacias de drenagem que ocupam posição altimétrica diferenciada e drenam em sentidos diferentes, sendo a nascente do canal localizado na bacia mais rebaixada situado na área íngreme que marca o desnível entre as bacias e, portanto, tem maior poder erosivo e maior taxa de erosão remontante; **B** – erosão da área escarpada levando ao encaixamento da drenagem e a captura do canal que drenava para o sentido oposto. Fonte: Department of Geology and Environmental Science James Madison University (2007).

A disposição espacial e o arranjo dos cursos de água constituem o principal critério para se inferir a existência de capturas de drenagem, sendo que estas podem ser classificadas em cinco subclasses (Bishop, 1995): **captura por absorção**: ocorre quando um rio entalha mais rapidamente do que outros adjacentes a ele, alargando assim seu divisor e englobando cursos laterais; **captura por aplainamento lateral**: ocorre quando um rio principal, mediante a erosão lateral, corta o interflúvio que o separa de um tributário, e passa a desviar as águas a montante do referido curso, deixando-o praticamente seco o vale localizado na parte jusante do curso decapitado; **captura por transbordamento**: ocorre quando um rio recebe um aporte muito grande de sedimentos, o que gera o entulhamento de seu leito; **captura subterrânea**: ocorre geralmente em áreas de rocha calcária e de rochas mais solúveis; **recuo de cabeceiras**: ocorre quando um canal erode o divisor mais agressivamente que o outro adjacente (rebaixamento do divisor) e assim captura o fluxo d'água deste mais fraco (Figura 8). As evidências em campo, fotografias aéreas, imagens ou mesmo cartas topográficas mais comuns de capturas fluviais podem ser documentadas segundo Bishop (1995) através da identificação de: **cotovelos de drenagem** (*elbow of capture*) - que pode constituir o ponto de captura de um rio. Caracteriza-se pela forma em ângulo agudo, frequentemente da ordem de  $90^0$ , e indica a direção da mudança do canal. Uma malha de drenagem, quando é caracterizada por muitos cotovelos de captura, é chamada de *barbed drainage*. Estas são as evidências mais comuns de reorganização da rede de drenagem e implicam em capturas de cabeceiras e na linha de drenagem (Figura 8a.iii) e **vales secos** (*wind gaps*), que são feições de vales abandonados que surgem após a captura, caracterizados pela presença de vales secos com sedimentos fluviais entre a feição de cotovelo e o novo trecho capturado, este que é geralmente encachoeirado (Figura 8a.iii; 8b.iii; 8c.iii).





**Figura 8** - Rearranjo da drenagem com visão em planta das capturas de drenagem. A linha tracejada é o divisor da drenagem. (a) extensão de cabeceiras de drenagem alinhadas, (b) extensão da cabeceira de uma bacia de menor extensão em direção a bacia adjacente, levando a captura de parte dos canais de drenagem da bacia adjacente e (c) invasão lateral por migração de uma curvatura de um canal ou por tectonismo para uma bacia de drenagem adjacente (Modificado de Bishop, 1995).

### 1.5. Capturas fluviais e inversões de relevo

Quando ocorre um processo de degradação do nível de base de um rio é acelerado o processo de recuo de cabeceiras de drenagem por voçorocas afetando tanto as encostas (principalmente nos eixos das paleodepressões e *hollows*), como também as sub-bacias. Este processo, como mencionado anteriormente, pode levar ao deslocamento do divisor (interflúvio) em direção ao *hollow* adjacente, invertendo assim a topografia. Por outro lado, o deslocamento das linhas de fluxo dentro das cabeceiras de drenagem pelos fenômenos de erosão linear acelerada pode promover mudanças no posicionamento dos segmentos de encosta, gerando também fenômenos de inversão de relevo (Moura, 1990).

Outro tipo de situação de inversão de relevo corresponde àquela decorrente ao deslocamento das linhas de fluxo dentro da cabeceira de drenagem, encontrando-se diretamente controladas pela dinâmica fluvial.

Uma das principais consequências do mecanismo de inversão da topografia das encostas constitui na alteração das condições de drenagem dos materiais coluviais, o que interfere na evolução dos solos e do próprio relevo.

Para Fernandes e Coelho Netto (1990) tanto a inversão de relevo como a captura de sistemas de drenagem adjacentes resultam de crescentes pressões de escoamento e erosão basal próximo aos divisores dos rios (...). Porém, contrastes entre fundos de vales elevados de dois sistemas de drenagem adjacentes parece ser a condição requerente para prover tal modelo de pirataria de rios subterrâneos explicando a captura de rios.

### 2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A paisagem está sempre em processo de transformação. As transformações nas paisagens pelos aspectos físicos podem ocorrer através das forças internas e externas. No entanto, estas forças agem de forma concomitante na morfoestrutura da paisagem, ou seja, existe uma combinação entre a estrutura geológica pré-existente, com os elementos dinâmicos da superfície terrestres, os agentes externos.

Como foi mencionado, tanto a morfologia quanto a rede de drenagem possuem papel relevante na evolução da paisagem e estes dois fatores são complementares, e se interagem ao longo do tempo e do espaço. Muitos autores consideram que os mecanismos de evolução dos sistemas fluviais e das encostas estão diretamente relacionados à dinâmica de atuação dos processos erosivos, principais agentes modeladores da paisagem, cujo desencadeamento estaria relacionado a variações de forças externas, tais como variações dos índices pluviométricos ou redução da cobertura vegetal (Leopold *et al.*, 1964), responsáveis por modificações significativas na dinâmica dos fluxos superficiais e subsuperficiais.

A paisagem, portanto, não é dada para todo o sempre, é objeto de mudança. É resultado de adições e subtrações sucessivas. É uma espécie de marca da história do trabalho anterior a que esta foi submetida (Santos, 1988).

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arid, F.M.; Barcha, S.F. 1975. Controle estrutural de boçorocas na região norte-ocidental do estado de São Paulo. *Ciência e Cultura*, v.27, n.7, p.187-188.
- Berger, Z.; Aghassy, J. 1984. Near-surface groundwater and evolution of structurally controlled streams in soft sediments. *Groundwater as a Geomorphic Agent*, Allen & Unwin, London. p. 59-77.
- Bishop, P. 1995. Drainage rearrangement by river capture, beheading and diversion. *Progress in Physical Geography*, v.19, n.4, p.449-473.
- Brooklyn College Geology. <[http://www.academic.brooklyn.cuny.edu/geology/cheng/NYC\\_Water/Lecture3\\_surfacewater.ppt](http://www.academic.brooklyn.cuny.edu/geology/cheng/NYC_Water/Lecture3_surfacewater.ppt)>. Acessado em:14/08/2008.
- Brusden, D.; THORNES, R. 1979. Landscape sensitivity and change. *Transactions Institute of British Geographers*, v.4, n.4, p.463-84.
- Burbank, D.; Anderson, R.S. 2001. Holocene deformation and landscape responses. *Tectonic Geomorphology*, Ed. Blackwell Science, Massachusetts, USA. p.159-162.
- Chorley, R.J.; Schumm, S.A.; Sugden, D.E.1984. *Geomorphology*, Methuen & Co., London. 605p.
- Christofoletti, A. 1981. Perfil longitudinal de cursos de água. *Geomorfologia fluvial (Volume 1 - O Canal)*. Edgar Blücher, São Paulo, p.93-144.





- Civil and Environmental Engineering. <[http://cee.uiuc.edu/people/parkerg/powerpoint\\_lectures/](http://cee.uiuc.edu/people/parkerg/powerpoint_lectures/)>. Acessado em: 23/07/2008.
- Cotton, C.A. 1948. *Landscape*, Cambridge University Press, Cambridge. 509p.
- Crickmay, C.H. 1959. *A preliminary inquiring into the formulation and applicability of the geological principle of uniformity*. Evelyn Mille Books: Calgary. 55p.
- Dantas, M.E. 1995. *Controles naturais e antropogênicos da estocagem diferencial de sedimentos fluviais: Bacia do rio Bananal (RJ/SP), Médio Vale do rio Paraíba do Sul*. Rio de Janeiro, 142p. (Dissertação de Mestrado – PPGG/UFRJ).
- Davis, W.M. 1889. *The geographical cycle*. *Geographical Journal*, v.14, p.481-504.
- Department of Geology and Environmental Science James Madison University. <[http://www.csmres.jmu.edu/geollab/eaton/web/eaton\\_files/Courses/GEOL%20110/Presentations/Part%203/Rivers.ppt](http://www.csmres.jmu.edu/geollab/eaton/web/eaton_files/Courses/GEOL%20110/Presentations/Part%203/Rivers.ppt)> Acessado em: 17/10/2007.
- Fernandes, N.F. 1990. *Hidrologia subsuperficial e propriedades físico-mecânicas dos "Complexos de Rampa" – Bananal (SP)*. 150p. Rio de Janeiro. (Dissertação de Mestrado – PPGGeol./IGEO-UFRJ).
- Fernandes, N.F.; Coelho Netto, A.L. 1990. *Hillslope Erosion, Sedimentation, and Relief Inversion In SE Brazil: Bananal (SP)*. *International Association of Hydrological Sciences Publications (IAHS)*. v. 192, p. 174-182.
- Gilbert, G.K. 1877a. *Geological investigations in the Henry Mountains, Utah*. *American Nature*, v.2, p.447p.
- Gilbert, G.K. 1877b. *Report on the Geology of the Henry Mountains*. *Geographical and Geological Survey of the Rocky Mountain Region – U.S. Govt. Printing Office*. 160p.
- Gontijo, A.H.F. 1999. *Morfotectônica do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul: região da serra da Bocaina, Estados de São Paulo e Rio de Janeiro*. Rio Claro, 259p. (Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista).
- Gontijo, A.H.F.; Silva, T.M.; Moura, J.R.S. 2000. *Anomalias de drenagem como elemento indicativo do controle neotectônico no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ)*. In: *III Simpósio Nacional de Geomorfologia - O relevo a água e o homem, 2000*. Campinas - SP: UGB. Anais... 1:231-231.
- Guerra, A.T.; Guerra, A.J.T. 2005. *Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico*, Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2a. ed. 648p.
- Hadley, R.F.; Lal, R.; Onstad, C.A.; Walling, D.E.; Yair, A. 1985. *Recent developments in erosion and sediment yield studies*. UNESCO, Paris, 127p.
- Howard, A.D. 1965. *Geomorphological systems-equilibrium and dynamics*. *American Journal Science*, v.263, p.302-312.
- Johnson, W.H. 1982. *Interrelationships among geomorphic interpretations of the stratigraphic record, processes, geomorphology and geomorphic models*. *Space and time in Geomorphology*, Allen & Unwin, London. Cap. 10, p.219-241.
- Kennedy, W.Q. 1962. *Some theoretical factors in geomorphological analysis*. *Geological Magazine*, v.99, n.4, p.304-312.
- Kottlowsck, F.E.; Cooley, M.E.; Ruhe, R.V. 1965. *Quaternary geology of the Southwest*. *Quaternary of the United States*, Princeton University Press, Princeton. Cap. 10, p.287-289.
- Leopold, L.B.; Wolman, M.G.; Miller, J.P. 1964. *Drainage pattern evolution*. *Fluvial Processes in Geomorphology*, Freeman & Company, San Francisco, Cap. 10, p.411-432.
- Morisawa, M. 1985. *Rivers*. *Geomorphology texts*. Longman Inc., London, 222p.
- Moura, J.R.S. 1990. *As transformações ambientais do Quaternário Tardio do médio vale do rio Paraíba do Sul (SP/ RJ)*. Rio de Janeiro, 265p. (Tese de Doutorado – PPGGeol.-IGEO/UFRJ).
- Ollier, C.D. 1981. *Tectonics and landforms*. *Geomorphology texts*, Longman Inc., London, p.57-161.
- Penck, W. 1953. *Morphological analysis of land forms*, Macmillan, London, 429p.
- Powell, J.W. 1875. *Exploration of the Colorado river of the west and its tributaries*. *Smithsonian Institution*, Washington D.C. 291p.
- Santos, M. 1988. *Metamorfose do espaço habitado*, Hucitec, São Paulo, 124p.
- Schumm, S.A.; Hadley, R.F. 1957. *Arroyos and the semiarid cycle of erosion*. *American Journal Science*, v.255, p.473-485.
- Selby, M.J. 1982. *Hillslope materials and processes*. Oxford University Press, Oxford, 264p.
- Silva, T.M.; Monteiro, H.S.; Cruz, M.A.; Moura, J.R.S. 2006. *Anomalias de drenagem e evolução da paisagem no médio vale do rio Paraíba do Sul (RJ/SP)*. *Anuário do Instituto de Geociências (Rio de Janeiro)*, v. 29, p. 210-224.



Small, R.J. 1978. The study of landforms. Cambridge University Press, Cambridge, 2ª Edição, 502p.

Summerfield, M.A. 1991. Global Geomorphology. Longman Scientific & technical, London, 537p.

Whipkey, R.Z.; Kirkby, M.J. 1978. Flow within the soil. Hillslope Hydrology. Wiley & Sons, New York, Cap. 4:121-144.



## **A RELAÇÃO ENTRE O MEIO FÍSICO E O AVANÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO NOROESTE DO PARANÁ, ABORDAGEM COM TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO**

### **THE RELATION BETWEEN PHYSICAL ASPECTS AND THE EXPANSION OF SUGAR-CANE IN NORTHWEST PARANA STATE (BRAZIL), APPROUCH FROM GEOPROCESSING TECHNIQUES**

Otávio Cristiano Montanher  
otaviocmontanher@yahoo.com.br

Édipo Henrique Cremon  
Edvard Elias de Souza Filho

Universidade Estadual de Maringá – Departamento de Geografia  
GEMA – Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente

#### **RESUMO**

Este trabalho tem por objetivo a análise da relação entre o avanço da cana-de-açúcar e as características do meio físico do noroeste paranaense, nos anos de 1985 e 2009. A identificação dos lotes de cana-de-açúcar foi realizada a partir da interpretação de imagens Landsat 5, através de técnicas de sensoriamento remoto. Foram mapeados 943 Km<sup>2</sup> de cana-de-açúcar no ano de 1985, e 6.177 Km<sup>2</sup> no ano de 2009. Estas informações foram relacionadas com a geologia, declividade, degradação de terras, aptidão do solo e risco de geadas. Foi identificado que a área ocupada por cana-de-açúcar aumentou em todas as classes, mas o cultivo avançou preferencialmente sobre áreas com maior degradação, com menor aptidão agrícola e sobre a Formação Caiuá, em detrimento das áreas menos degradadas, com melhor aptidão agrícola, e sobre outras formações, principalmente a Formação Serra Geral. O risco de geadas não se apresentou como controlador da distribuição dos canaviais nesta área de estudo.

**Palavras-chave:** Cana-de-Açúcar, geoprocessamento, sensoriamento remoto, noroeste do Estado do Paraná.

#### **ABSTRACT**

This article aims to analyze the relationship between the advance of sugar cane and the physical characteristics of the northwest Paraná's state (Brazil), in 1985 and 2009. The identification of sugar-cane was made from the interpretation of LANDSAT 5 images, through remote sensing techniques. It was mapped 943 square kilometers of sugar-cane in 1985, and 6177 square kilometers for the year 2009. This information was related to the topics of geology, slope, land degradation, soil ability and risk of frost. It was found that the area occupied by sugar-cane increased in all classes, but the culture progressed preferably over areas with greater degradation, with lower agricultural potential and the Caiuá Formation (sandstones), at the expense of less degraded areas with better agricultural potential and on other geologic formations, particularly the Serra Geral Formation (basalts). The risk of frost did not appear as controller of the distribution of sugar-cane in this area of study.

**Keywords:** Sugar-Cane, geoprocessing, remote sensing, northwest Paraná State.

## 1. INTRODUÇÃO

Devido à importância econômica que a cultura da cana-de-açúcar tem ganhado com a expansão do consumo de seus derivados, notadamente o álcool, com políticas de apoio à produção deste combustível (Paczyk, 2009), grandes áreas agrícolas estão passando por um processo de mudança em suas atividades. Como as transformações no campo refletem diretamente nas atividades econômicas e sociais de uma determinada sociedade, o monitoramento e a análise de tais fenômenos possui grande importância. A região noroeste do Paraná está passando por este processo, com o abandono de pastagens e outras culturas temporárias para o plantio de canaviais. A reorganização deste espaço agrário possui forte relação com incentivos econômicos de mercado e políticos, principalmente pelo programa Pró-Álcool (Shikida, 2001).

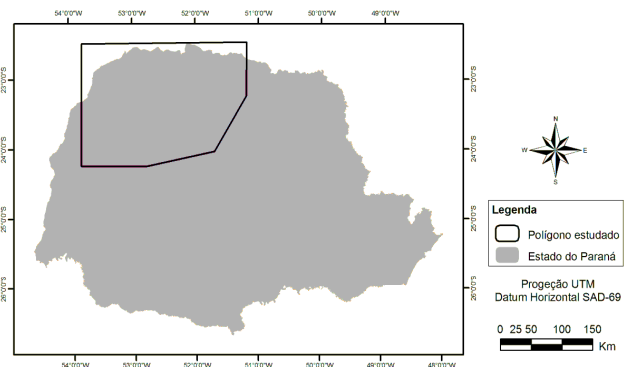
Relevantes trabalhos já foram realizados a partir da temática do avanço da agroindústria canieira no Estado do Paraná, analisando os fatores econômicos e estruturais envolvidos (Shikida, 2001), fatores políticos (Guerra, 1995), fatores sociais (Alves, 2006), levantamentos apenas quantitativos de área cultivada (projeto Canasat, que realiza levantamentos na área desde 2005) e em relação à mudança de uso do solo (Gusso et. al. 2009, Nassar *et.al.*, 2008). No entanto, nenhum destes trabalhos analisou a distribuição do avanço desta cultura, sob a ótica das características do meio físico que interferem nas condições de uso agrícola do solo.

Ou seja, enquanto discutem-se as questões sócio-econômicas envolvidas neste processo de reorganização do espaço agrário paranaense, também é válida a discussão se a distribuição deste avanço ocorre de forma aleatória no espaço, ou se existem características do meio físico que condicionam esta distribuição do cultivo. A partir desta concepção, este trabalho tem por objetivo avaliar a distribuição espacial e o avanço da cana-de-açúcar ao longo do tempo em relação às características físicas do noroeste paranaense, partindo-se da premissa de que a distribuição e

avanço das áreas ocupadas por cana-de-açúcar nessa região não são aleatórias, sendo condicionada com mais ou menos intensidade por algumas características do meio físico relevantes em áreas agrícolas. Vale destacar que não foi considerado como “noroeste do Paraná” a demarcação política dessa área.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para análise da distribuição espacial da cana-de-açúcar em relação aos temas físicos, foi definido um polígono que abrangesse as unidades mapeadas em grande parte do noroeste paranaense, delimitando-se a área do estudo, conforme figura 1.



**Figura 1** - Mapa de localização, com o polígono da área de estudo

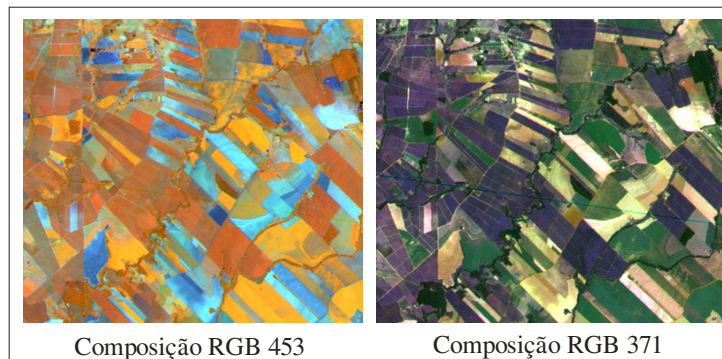
Uma imagem de satélite registra as condições atmosféricas e a resposta espectral de determinados alvos localizados no tempo e no espaço (Jensen, 2009). Quando se trabalha com estudos multitemporais, a comparação entre imagens históricas e atuais apresenta-se como uma importante ferramenta de análise (Mccoy, 2005 apud Jensen, 2009). Os produtos do satélite Landsat 5, são um dos principais materiais disponíveis para trabalhos multitemporais, devido ao fácil acesso e ao intervalo temporal de imageamento, cujo início se dá a partir de 1985 até a atualidade.

As imagens dos anos de 1985 e 2009 foram selecionadas a partir da verificação de quais imagens orbitais em boas condições de trabalho existiam disponíveis, visando o maior

intervalo temporal possível. As cenas utilizadas foram: Órbita Ponto 222/76: 1985-23-07 e 2009-20-04, Órbita Ponto 223/76: 2009-22-02 e 1985-24-03, Órbita Ponto: 223/77: 1985-09-04 e 2009-11-04, disponibilizadas pelo Inpe (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) <dgi.inpe.br>.

O mapeamento das áreas cultivadas por culturas canavieiras nos anos de 1985 e 2009, foi realizado a partir da composição RGB 371, sensor TM, que possibilita uma boa diferenciação

da cultura canavieira de outros alvos superficiais comumente encontrados na área. A Figura 2 apresenta a comparação entre a composição falsa-cor utilizada neste trabalho e a composição RGB 453 utilizada no projeto Canasat <dsr.inpe.br/mapdsr/data/artigos/2003.pdf> para interpretação das imagens.



**Figura 2** - Quadro comparativo entre as composições RGB 371 e RGB 453.

Na composição RGB 453, a cana-de-açúcar encontra-se em tons alaranjados, assim como outras culturas temporárias, como soja e o milho, diferenciando-se apenas do solo exposto (apresentado em tons de azul). Na composição RGB 371 a cana-de-açúcar encontra-se em tons de roxo escuro, em contraste com as culturas temporárias (tons de verde) e solo exposto (tons amarelos a marrons).

Embora as bandas 1, 3 e 7, não sejam as que apresentam as maiores variações de valores de reflectância para os objetos em questão, como os valores encontrados nas bandas 4 e 5 (Ponzoni, 2007), esta composição apresentou um grande potencial para interpretação visual, pois a combinação dos tons coloridos (RGB), ressalta os canaviais em tons de roxo, enquanto outras culturas apresentam-se em tons de verde. Já na composição RGB 453 utilizando as bandas 4 e 5, os canaviais permanecem em tons alaranjados, assim como o restante dos alvos, gerando dificuldades na distinção dos alvos.

Como pode ser observado na Figura 2, a composição RGB 371 permite uma melhor diferenciação entre a cana-de-açúcar e outros objetos em relação à composição RGB 453, pois melhora a diferenciação dos elementos primários de interpretação como a cor e o tom (Jensen, 2009).

A identificação das unidades de cana-de-açúcar nas imagens multiespectrais foi realizada a partir dos elementos de interpretação de imagens primários, secundários, terciários e superiores, e algumas considerações sobre as características:

sítio, situação e associação, dos componentes de forma conjunta (Jensen, 2009). Gusso et. al.(2009) utilizaram séries temporais do EVI/MODIS, obtido de imagens do satélite Terra para identificar alterações decorrentes da expansão do cultivo da cana-de-açúcar sobre áreas agrícolas e de pasto no noroeste

paranaense, obtendo respostas adequadas para grandes áreas devido à alta resolução espectral do sensor, porém, a baixa resolução espacial (250 metros) não é compatível com a ocorrência de lotes canavieiros de aproximadamente 30 metros de largura, comumente encontrados na área de estudo. Por este motivo justifica-se a utilização do sensor TM-Landsat 5.

Foi elaborado um banco de dados em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) contendo arquivos vetoriais no formato *shapefile* sobre características do meio físico do estado do Paraná, onde foram utilizadas informações de Aptidão do Solo e Degradação de Terras, disponibilizados pelo Instituto de Terras, Cartografia e Geodésia (ITCG).

O primeiro é oriundo dos trabalhos realizados pelo Iparde (Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social), onde as classes de mapeamento de aptidão para a área do estudo são: bom, regular – erosão, regular – erosão e fertilidade, regular – fertilidade, regular – excesso hídrico, restrito – erosão, inapto – excesso hídrico e inapto erosão. Já o tema de degradação possui as classes: Forte, Média e Fraca. Estas bases possuem dados qualitativos sobre a área de estudo, e foram adotadas porque demonstram características importantes para proposta deste trabalho, como por exemplo, a distinção entre áreas com maior e menor degradação do solo, e áreas com maior ou menor aptidão em relação aos processos erosivos.

Também foi utilizada a base de dados sobre a geologia da região, elaborada pela Mineropar (Minerais do Paraná S.A.). Na área de estudo ocorre a Formação Caiuá (Cretáceo - Kc), a Formação Serra Geral (Juro-Cretáceo - JKsg), a Formação Santo Anastácio (Cretáceo superior - Ksa), Formação Adamantina (Cretáceo superior - Ka), Colúvios (Quaternário - Qc) e Aluviões (Quaternário - Qal). A litologia de uma área influencia diversas características do meio físico, importantes na análise de uma área

agrícola. Por exemplo: as características físico-químicas de uma determinada rocha influenciam diretamente na textura, estrutura e resistência de um solo aos processos erosivos, e composição química de um solo em relação à sua fertilidade.

Outro dado analisado foi a declividade do terreno, obtidos por meio dos dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), versão 4 (Jarvis et al, 2008). Estes por estarem dispostos em formato matricial de Modelo Digital de Elevação (MDE), possibilitam a obtenção de variáveis geomorfométricas com agilidade em ambiente SIG. Sendo assim, através do ArcGIS 9.2, com a ferramenta *Spatial Analyst*, foi obtido a declividade da área estudada em porcentagem, com intervalos adaptados de Embrapa (1999) com as classes em porcentagem variando de 0-3, 3-8, 8-20, 20-45 e maior que 45 %. Fatiado os intervalos, os dados foram convertidos em formato vetorial (*shapefile*) para cruzamento com os dados relativos ao mapeamento das áreas ocupadas por cana-de-açúcar. O tema declividade foi analisado partindo-se do fato de que terrenos com maior declividade possuem maior dificuldade de mecanização e são mais sensíveis em relação ao escoamento superficial, pois sob as mesmas condições de manejo, áreas com maior declividade são mais expostas ao escoamento superficial do que áreas com menor declividade. Terrenos com menor declividade possuem maiores facilidades de mecanização e cultivo, chegando em alguns pontos à ser determinantes na escolha do cultivo.

O dado climático analisado foi o risco de geada, pois sua ocorrência é capaz de causar danos à cana-de-açúcar (Wrege et. al., 2005). Os autores ao mapearem as regiões potenciais para cultivo da cana-de-açúcar no Paraná, levaram em consideração apenas a ocorrência de geadas, definiram que as regiões aptas para o cultivo da cana-de-açúcar são aquelas com risco de geadas

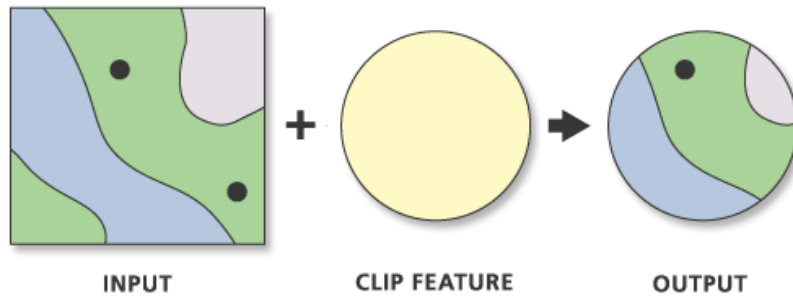
inferior a 10%. Como o polígono estudado abrange mais classes de risco de geada no mês de julho (mês com maior probabilidade de ocorrência), esta variável foi adotada, utilizando a base cartográfica de Wrege et. al., 2005.

Baseando-se nesses princípios, as áreas de canaviais identificadas por interpretação visual, foram vetorizadas em formato *shapefile*, através da ferramenta *Editor* do ArcGIS 9.2. Com os dados finalizados em formato vetorial, os mapeamentos dos canaviais foram recortados para cada classe dos temas ambientais anteriormente citados, sendo possível obter a área de cana-de-açúcar cultivada dentro de cada classe do tema avaliado. Por exemplo, verificar apenas a presença de canaviais na região correspondente à classe de arenitos da Formação Caiuá. Para isso, foi utilizada a ferramenta *Analysis Tools > Extract > Clip*, cuja figura 3 demonstra esquematicamente sua funcionalidade. Para a quantificação das áreas dos vetores analisados, foi utilizada a ferramenta *XTools*, onde foram obtidos valores em km<sup>2</sup> e hectares. Após esta aquisição e tratamento de dados, estes foram organizados em tabelas e gráficos.

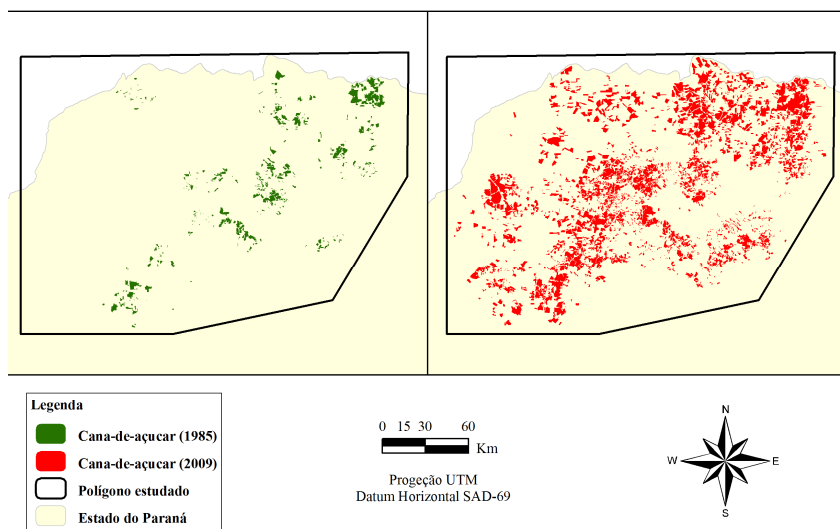
### 3. RESULTADOS

A distribuição espacial dos canaviais no noroeste do Paraná pode ser observada na figura 4, e a tabela 1 apresenta os dados relacionados ao mapeamento das unidades de plantio, para os anos de 1985 e 2009.

Para apresentação dos dados obtidos através do cruzamento dos dados vetoriais, foram montadas tabelas para cada tema com a área e porcentagem de cada classe com relação à área total, sua distribuição para os anos de 1985 e 2009, e dados relativos ao aumento em km<sup>2</sup> e porcentagem (aumento em relação à área inicial). A tabela 2 apresenta dados relacionados à geologia.



**Figura 3** - Esquema ilustrativo da ferramenta *Clip* no ArcGIS 9.2. (ESRI, 2006).



**Figura 4** - Mapa com as áreas ocupadas pelo cultivo da cana-de-açúcar nos anos de 1985 e 2009.

**Tabela 1**- Dados relativos à expansão da cultura canvieira na área de estudo, nos anos de 1985 e 2009.

ANO	1985	2009
Área total (km <sup>2</sup> )	943,66	6177,66
Aumento (km <sup>2</sup> )	5234	
Aumento (%)	555 %	

**Tabela 2** - Dados relacionados às classes Geologia.

Geologia	Área das Classes		1985		2009		Aumento	
	Área (km <sup>2</sup> )	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Formação Serra Geral	15.359,52	36,56	489,53	51,92	1598,13	25,88	1108,6	226
Formação Caiuá	22.526,05	53,63	292,08	30,98	3775,6	61,13	3483,52	1192
Formação Santo Anastácio	1718,94	4,09	122,26	12,96	619,76	10,03	497,5	406
Formação Adamantina	271,91	0,64	18,11	1,92	93,66	1,51	75,55	417
Colúvios	239,96	0,57	21,02	2,22	89,85	1,45	68,83	327
Aluviões	1898,63	4,51	0	0	0	0	0	0
Total	42015,01	100	943	100	6177	100	5234	-



A partir dos dados apresentados, é possível reconhecer que apesar da classe Formação Serra Geral ocupar 36,56% da área analisada no ano de 1985, 51,92% da área cultivada encontrava-se nesta classe. Já para o ano de 2009 houve aumento do cultivo nesta classe (226%), porém, sua ocupação relativa diminuiu para 25,88% do total.

Para as classes: Formação Santo Anastácio, Formação Adamantina e Colúvios que juntas somam 5,3% do total, constatou-se um aumento de 383% em média, mas não houve alterações expressivas em relação à sua porcentagem relativa às áreas de canaviais, com tendência à diminuição.

A classe Formação Caiuá foi a que apresentou o maior aumento, tanto em relação à área ocupada, quanto à porcentagem relativa. Enquanto esta classe ocupa 53,63% da área estudada em 1985, 30,98% dos canaviais ocupavam esta classe; já em 2009 esta porcentagem subiu para 61,13%. A classe Aluviões ocupa 4,51 % da área total, mas não foram encontrados cultivos de cana-de-açúcar nesta classe.

Os dados de declividade do terreno também foram analisados, a unidade de medida adotada para esse parâmetro geomorfométrico é a porcentagem (%). A Tabela 3 apresenta dados relacionados ao tema:

**Tabela 3** - Dados relacionados às classes do tema “Declividade”.

Declividade (%)	Área das Classes		1985		2009		Aumento	
	(Km <sup>2</sup> )	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
0-3	6799,16	16,18	153	16,22	806,58	13,06	653,58	427
3-8	26135,95	62,21	662,97	70,3	4394,1	71,14	3731,13	562
8-20	8705,04	20,71	127	13,45	972,02	15,73	845,02	665
20-45	374,29	0,9	0,03	0,03	4,3	0,07	4,27	1423
> 45	0,57	0	0	0	0	0	0	0
Total	42015,01	100	943	100	6177	100	5234	-

Os dados relativos à declividade na área de estudo demonstram que a cana-de-açúcar está distribuída relativamente de forma semelhante à distribuição da área total das classes, e não houve significativa alteração entre as datas analisadas. Porém, pode-se observar leve tendência de aumento de ocupação das classes com maior declividade (8-20 e 20-45), muito embora a classe >45 não registre ocorrência em nenhuma situação.

Para os dados de Degradação de Terras, os resultados obtidos estão apresentados na Tabela.

Os dados apresentados sobre degradação de terras apresentam forte evidência do avanço da cultura canavieira sobre locais relativamente mais degradados, (classes “Média” e “Forte”). Enquanto a

porcentagem relativa dos canaviais na classe “Fracá” diminuiu de 82,39% em 1985 para 66,79% em 2009, as outras duas classes registraram aumento da porcentagem de ocorrência em lotes canavieiros. A Tabela 5 apresenta dados relacionados ao tema “Aptidão do Solo”.

**Tabela 4** - Distribuição da área ocupada por canaviais para as classes de declividade, nos anos de 1985 e 2009.

Degradação	Área das Classes		1985		2009		Aumento	
	(Km <sup>2</sup> )	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
Fraca	25235,21	60,06	776,91	82,39	4125,12	66,79	3348,21	430
Média	9235,91	21,98	110,27	11,7	1429,89	23,15	1319,62	1196
Forte	6727,72	16,03	55,82	5,91	621,99	10,06	566,17	1014
Cidade	159,64	0,37	0	0	0	0	0	0
Rios	656,53	1,56	0	0	0	0	0	0
Total	42015,01	100	943	100	6177	100	5234	-

**Tabela 5** - Área total das classes de Aptidão do solo para a área de estudo.

Aptidão do Solo	Área das Classes		1985		2009		Aumento	
	(Km <sup>2</sup> )	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
Bom	22268,06	53,2	759,5	79,34	3679,91	59,56	2920,41	384
Regular (erosão)	9321,65	22	129,5	13,53	1530,33	24,77	1400,83	1081
Regular (erosão e fertilidade)	158,04	0,37	0,11	0,01	4,75	0,07	4,64	4218
Regular (fertilidade)	1770,2	4,21	18,2	1,73	308,01	4,98	289,81	1592
Regular (excesso hídrico)	650,82	1,54	0	0	0	0	0	0
Restrito (erosão)	7,41	0,02	3,7	0,39	4	0,06	0,3	8
Inapto (erosão)	6611,91	15,74	48,14	5	650	10,56	601,86	1250
Inapto (excesso hídrico)	291,03	0,7	0	0	0	0	0	0
Corpo d'água	683,52	1,62	0	0	0	0	0	0
Áreas urbanas	252,36	0,6	0	0	0	0	0	0
Total	42015,01	100	943	100	6177	100	5234	-

Os dados apresentados sobre a Aptidão do Solo em 2009, e aumento da ocupação nas demais classes permitem verificar a diminuição relativa da ocupação por canaviais em áreas da classe “Bom”, de 79,34% em 1985 para 59,56% em 2009. Por fim, a Tabela 6 apresenta os dados relacionados ao tema “risco de geadas”:

**Tabela 6** - Distribuição da área ocupada por canaviais para as classes de risco de geadas, nos anos de 1985 e 2009.

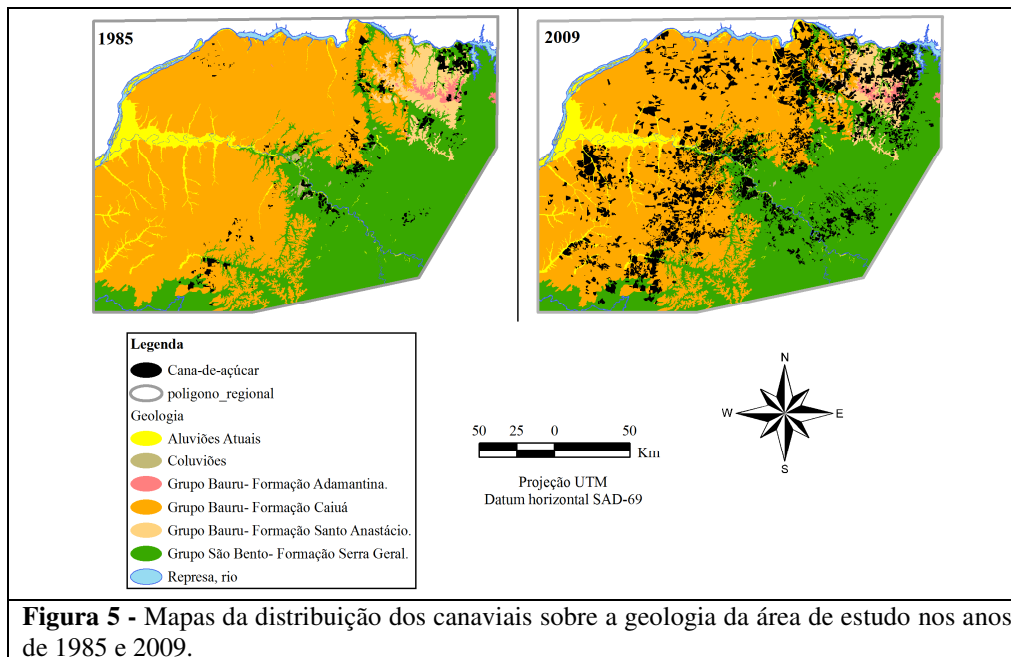
Risco de Geadas	Área das Classes		1985		2009		Aumento	
	(Km <sup>2</sup> )	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
< 10%	34389	81,86	865,68	91,8	5690	92,11	4824,32	92,17
10 – 20%	7362,65	17,52	77,32	8,2	487	7,89	409,68	7,83
20 – 30%	263,45	0,62	0	0	0	0	0	0
Total	42015,1	100	943	100	6177	100	5234	-

Os dados relativos ao tema “risco de geadas” demonstram uma pequena variação do ano de 1985 para o ano de 2009, com uma forte concentração das áreas canavieiras na classe < 10%, indicada por Wrege et. al., 2005, como ideal para o plantio da cana-de-açúcar. A comparação entre os valores totais de cada classe, e sua ocupação em cada ano analisado permite confirmar esta análise, de forma que não existe ocupação na classe de risco de geadas de 20 – 30%, e na classe de 10 – 20%, enquanto ocupa 17,52% da área em estudo, a ocupação por canaviais permanece por volta de 8%.

#### 4. DISCUSSÕES

Conforme apresentado na tabela 1, o aumento percentual geral para as unidades canavieiras foi de 555%, contudo, ao detalhar a análise para as diversas classes dos temas avaliados, observa-se uma grande variabilidade deste comportamento, como demonstrado pelas tabelas 2, 3, 4, 5 e 6.

A distribuição dos canaviais em função da geologia da área está representada na figura 5:



**Figura 5** - Mapas da distribuição dos canaviais sobre a geologia da área de estudo nos anos de 1985 e 2009.

Apesar de a classe aluviões ocupar 4,51% da área de estudo, não foram encontrados canaviais nesta classe. Este fenômeno é explicado pelo fato de que estas áreas são susceptíveis à inundação, e frequentemente permanecem sob condições saturadas, inviabilizando a mecanização e produção da cana-de-açúcar.

Conforme apresentado na figura 4 e na tabela 2, a distribuição espacial dos canaviais em 1985 está concentrada principalmente na área de contato entre a Formação Caiuá e a Formação Serra Geral e também sobre as Formações

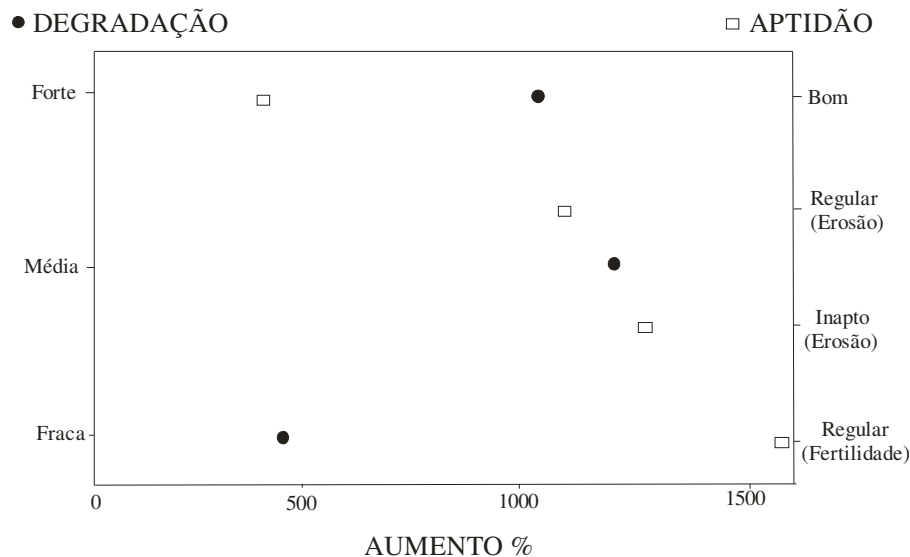
Adamantina, Santo Anastácio e Colúvios. No ano de 2009, a cultura canavieira expande-se principalmente para áreas de predominância arenosa, sobretudo a Formação Caiuá. O aumento da cultura ocorreu em todas as classes de geologia, entretanto, na Formação Serra Geral o aumento foi de 226%, apresentando a menor relação de aumento entre todas as classes, enquanto, para a Formação Caiuá, o aumento foi de 1192%.

Esta constatação vem a ser confrontante à exposição de Serra (2009), que afirma que

primeiramente as lavouras de cana se devolveram sobre a Formação Caiuá e posteriormente avançam para as áreas de contato arenito/basalto, e pelos dados aqui apresentados, constata-se que o processo foi inverso, ou seja, primeiramente a cana-de-açúcar se desenvolveu nas áreas de contato Arenitos/Basalto para posteriormente predominar nas áreas areníticas.

Como as áreas da Formação Caiuá apresentam maior susceptibilidade aos processos erosivos e degradantes (Nakashima, 1999) em relação às outras áreas mencionadas, o avanço canavieiro sobre esta unidade geológica também conduz aumento preferencial sobre áreas mais

degradadas (degradação forte e média) e com menor aptidão do solo (áreas regulares e Inaptas por erosão). O arenito Caiuá foi primeiramente descrito por Washburne (1930). Embora possua fácies variadas, esta rocha sedimentar foi formada principalmente pela ação eólica em ambiente árido, possui coloração avermelhada, com o quartzo como principal mineral ocorrente. Sua composição é essencialmente arenosa, com principal intervalo granulométrico entre 0,25 e 1,6 mm de diâmetro. A Figura 6 demonstra a relação entre os dados de aptidão do solo e degradação de terras com o aumento percentual de suas classes:



**Figura 6** - Representação gráfica dos temas “Degradação de Terras” e “Aptidão do solo”. O “aumento %” representa o valor percentual do aumento de cada classe, do ano de 1985 para 2009, em relação à sua área no ano de 1985 (tabelas 4 e 5).

A partir da Figura 6 observa-se que existe uma relação inversa entre degradação e aptidão do solo, de forma que os maiores valores de aumento ocorreram em áreas mais degradadas (principalmente na classe “média”) para o tema “degradação”, e em áreas com menor aptidão agrícola, ou seja, enquanto existe o aumento preferencial em áreas mais degradadas, estas avançam sobre áreas com menor aptidão do solo.

Os dados de declividade também demonstram um avanço sobre áreas mais degradadas, existindo uma leve tendência de avanço canavieiro para áreas com maior

declividade (classes: 3-8%, 8-20% e 20-45%). Como estas áreas são mais susceptíveis aos processos erosivos, pois oferecem maior energia potencial ao escoamento superficial, são normalmente mais afetadas pelos processos degradantes em relação às áreas com menor declividade.

Dados apresentados pela Alcopar (Associação de Produtores de Bioenergia do Paraná), <alcopar.org.br>, demonstram o aumento da produtividade, da safra de 1991/92 de 63,45 ton/ha para 80,69 ton/ha na safra de 2008/09. Este dado é muito contrastante em

relação à característica do terreno em que esta cultura está avançando. Como demonstrado anteriormente, as áreas preferenciais de avanço (de 1985 para 2009) são com maior degradação, com menor aptidão agrícola e com maior declividade, mas a produtividade aumentou para período semelhante; logo, esta afirmação leva a uma nova condição de reflexão, que possivelmente está relacionada com a demanda de consumo para os derivados da cana-de-açúcar levando à melhoria das tecnologias de plantio. Questões como estas devem ser analisadas sob a ótica de explicações de cunho agrícola, agrários, econômicos e sociais, conforme já discutido por Shikida (2001), mas que não são objetivos deste trabalho, porém, estes dados podem subsidiar novas discussões.

O risco de geadas é uma importante característica climática de uma área, em relação à sua aptidão para cana-de-açúcar, sendo a classe < 10% ideal para o cultivo. Para o estado do Paraná, pode-se observar uma boa correlação entre a distribuição da cana-de-açúcar e as classes até 30% de risco de geadas, Wrege et. al., (2005), porém analisando seu controle na área de estudo, em relação ao avanço deste cultivo, não se observou forte variação dos dados, e se existente, estão vinculados à alteração das outras variáveis temáticas.

## 5. CONCLUSÕES

As técnicas de sensoriamento remoto utilizadas para identificação e mapeamento da cana-de-açúcar, e as técnicas de geoprocessamento utilizadas para o cruzamento das diversas informações sob o formato vetorial *shapefile* permitiram o alcance dos objetivos propostos. O universo de dados para esta área pode ser expandido, detalhando a escala temporal de análise, realizando-se a interpretação e vetorização de novas imagens, porém, este é um trabalho exaustivo e demorado por se tratar de uma grande área de estudo, conforme já conferido por Nassar et. al. (2008).

Esta metodologia de análise de áreas canavieiras mostrou-se uma interessante ferramenta de estudo, apresentando tendências

no processo de avanço de áreas do cultivo. Apesar de ter sido utilizada para o Noroeste Paranaense, esta forma de análise pode ser extrapolada para qualquer região agrícola que contenha imagens multitemporais e informações sobre o meio físico. Outros dados podem ser adicionados nesta análise, por exemplo: cartas pedológicas, de fragilidade ambiental, de perda de solos, etc, dependendo do objetivo da análise, e da disponibilidade de informações.

Os dados demonstraram que a cultura canavieira avançou na maioria das classes de todos os temas, a não ser em áreas urbanas, corpos hídricos, áreas inaptas e regulares por excesso hídrico, áreas com declividade superior a > 45% e em áreas com risco de geadas entre 20 e 30%, que não apresentam nenhuma ocupação por cana-de-açúcar. Apesar desta tendência de aumento para a maioria das classes, não são iguais proporcionalmente, corroborando com a hipótese de estudo. A diminuição relativa da cana-de-açúcar nas áreas de basalto reflete o avanço desta cultura para as áreas de solos mais arenosos e degradados, como pode ser observado o comportamento das outras classes de geologia (Formações: Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Colúvios), e das classes de degradação e aptidão do solo.

As características do meio físico da área analisada apresentam, em linhas gerais, boas condições para o cultivo da cana-de-açúcar, representada pela extensão das classes de baixa degradação, boa aptidão do solo, poucas áreas com altas declividades, e com risco de geada acima de 10%. Apesar disto, os dados permitem concluir que a cana-de-açúcar avançou para áreas mais degradadas, com problemas principalmente relacionados à erosão, do ano de 1985 para o ano de 2009, porém, conforme dados apresentados pela Alcopar, aumentou-se a produtividade para período semelhante. Desta forma, analisando-se a produtividade agrícola, tem-se um melhor aproveitamento econômico da área mencionada, pois houve um aumento da produtividade em terrenos menos favoráveis à produção. Porém, esta afirmação deve ser ressaltada em dois pontos: a) Este aumento da produtividade esta sendo favorável a população

local de forma geral? Ou para um grupo econômico restrito? b) Os aumentos da área cultivada, e da intensidade da produção de cana-de-açúcar, estão exercendo impactos ambientais sobre os solos derivados do Arenito Caiuá acima do que é permitido pela legislação brasileira? Os dados fornecidos por este artigo podem posteriormente suportar estudos para responder estas questões.

Os temas qualitativos “degradação de terras” e “aptidão do solo” que são em grande parte influenciados pelos temas “geologia” e “declividade”, apresentaram-se como importantes características do meio físico em relação ao controle da distribuição do avanço da cana-de-açúcar no noroeste do Paraná, apresentando forte variação dos dados quantitativos analisados, mas o tema “risco de geadas” não demonstrou controle nesta distribuição, o que fortalece a pressuposição de que a cana-de-açúcar avançou do ano de 1985 para o ano de 2009 para áreas mais degradadas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, F. 2006. Por que Morrem os Cortadores de Cana? Saúde e Sociedade. São Paulo, v.15, n.3, p.90-98.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. 1999. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 412p.
- Esri. 2006. ArcGIS Desktop 9.2 Guides Book.
- Guerra, N. A. M. 1995. O Pró-álcool e as Transformações no Espaço Agrícola do Paraná. Economia em Revista. Maringá, V.4 n.2 p.81-95.
- Gusso, A. Adami M. Silva, W. F. da, Aguiar, D. A. de, Rudorff, B. F. T. 2009. Aplicação de séries temporais EVI/MODIS na identificação do uso e ocupação do solo anterior ao cultivo da cana-de-açúcar. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 5851-5856.
- Jensen, J. 2009. Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres: tradução: EIPHANIO J. C. N. (coordenador)... (et. al.). 2. ed. São José dos Campos: Parêntese, 598 pág.
- Jarvis, A. Reuter, H. I. Nelson, A. E. Guevara, E. Hole-filled SRTM for the globe Version 4, 2008. Disponível na base de dados CGIAR-CSI SRTM 90m em < <http://srtm.csi.cgiar.org> >.
- Mccooy, R. M. 2005. Field Methods in Remote Sensing. Nova York. Guilford Press, 159 p.
- Nakashima, P. 1999. Sistemas Pedológicos da Região Noroeste do Estado do Paraná: Distribuição e Subsídios para o Controle da Erosão. Tese (Doutorado em Geografia Física). Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Nassar, A. M. Rudorff, B. F. T. Antoniazzi, L. B. Aguiar, D. A. de, Bacchi, M. R. P. Adami, M. 2008. Prospects of the Sugarcane Expansion in Brazil: Impacts on Direct and Indirect Land Use Allocation and Changes. In: Peter Zuurbier, Peter; de Vooren, Jos van (eds). Sugarcane Ethanol. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, cap. 3, p. 63-93.
- Paczyk, R. 2009. Setor Sucroalcooleiro Paranaense: do Proálcool ao Biodiesel. Vitrine da Conjuntura, Curitiba v.2 n.6, p. 1-6, ago.
- Ponzoni, F J. Yosio E. S. 2007. Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação. São José dos Campos: A. Silva Vieira, 127 p.
- Serra, E. 2009. Noroeste do Paraná: O Domínio das Lavouras de Cana e a Nova Dinâmica da Paisagem nas Zonas de Contato Arenito-Basalto. In: XII EGAL - Encuentro de Geógrafos de América Latina, Montevideu. Disponível em: < <http://www.egal2009.com/> >. Acesso em: 03 set. 2009.
- Shikida, P. F. A. Alves R. A. A. 2001. Panorama Estrutural de Crescimento e Estratégias Tecnológicas as Agroindústria Canavieira Paranaense. Nova Economia, Belo Horizonte, V. 11 n.2 p. 123-148, dez.
- Washburne C. W. 1930. Petroleum Geology of the State São Paulo. Boletim número 22 – Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo.
- Wrege, M. S. Caramori, P. H. Gonçalves A. C. A. Bertonha, A. Ferreira, R. C. Caviglione, J. H. Faria, R. T. de, Freitas, P. S. L. de, Gconçalves S. L. 2005 Regiões potenciais para cultivo da cana-de-açúcar no Paraná, com base na análise do risco de geadas. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 113-12.



## CLASSIFICAÇÃO DE LAGOAS NO PANTANAL DA NHECOLÂNDIA UTILIZANDO UM SISTEMA LIVRE DE ANÁLISE DE IMAGENS ORIENTADA A OBJETO

## CLASSIFICATION OF LAKES IN THE PANTANAL OF NHECOLÂNDIA (BRAZIL) USING OBJECT-BASED IMAGE ANALYSIS

Tessio Novack

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE  
Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto  
tessio@dsr.inpe.br

Ericson Hideki Hayakawa

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE  
Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto  
ericson@dsr.inpe.br

Thiago de Castilho Bertani

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE  
Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto  
thiagob@dsr.inpe.br

Hiran Zani

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE  
Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto  
hzani@dsr.inpe.br

### RESUMO

Este trabalho tem como objetivo a aplicação da técnica de Análise de Imagens Orientada a Objeto (AIOO) utilizando o sistema livre InterIMAGE e imagens do sensor ASTER para a detecção de lagoas no Pantanal da Nhecolândia e sua classificação, diferenciando lagoas salinas e não-salinas. Um modelo de classificação das imagens foi elaborado na forma de uma rede semântica cujas classes foram descritas a partir de atributos espectrais, geométricos e contextuais. A análise dos resultados indica alta correlação entre o verificado visualmente nas imagens e o resultado da classificação. De forma geral, as lagoas presentes na área de estudo foram bem delineadas pelo algoritmo de segmentação utilizado, assim como grande parte dos cordões arenosos adjacentes a estas lagoas. Os valores do Índice *Kappa* e da Exatidão Global obtidos pela classificação gerada foram respectivamente de 0,64 e 0,73. Os erros de omissão e comissão entre as classes foram atribuídos principalmente a forma e condições sazonais das lagoas. Apesar do caráter experimental deste trabalho, foi apresentado o enorme potencial do sensoriamento remoto e, mais especificamente, da AIOO para a identificação e diferenciação automática de lagoas presentes no Pantanal da Nhecolândia.

**Palavras-chave:** Análise de Imagens Orientada a Objeto, Pantanal da Nhecolândia, Sistema InterIMAGE.

**ABSTRACT**

This paper aims to apply a new approach to map and differentiate lakes among saline and non-saline using solely remote sensing data and object-based image analysis, which have still been undertaken towards this end. In all experiments the visible and near-infrared bands of the ASTER sensor were used as well as the free of cost InterIMAGE object-based image analysis (OBIA) system. The proposed image classification model is structured as a semantic net whose classes are described by spectral, geometrical and contextual features. The class descriptions emulate the reasoning of human photo-interpretors familiar with the area under study. A qualitative analysis of the obtained classification verified that there is high visual correlation between the ASTER imagery and the automatically made classification. Most of the lakes in the area under study were precisely delineated using an image segmentation algorithm, as well as the sandy ridges adjacent to the lakes. Despite the occurrence of omission and commission errors, it was possible to differentiate saline lakes of non-saline lakes using a class context criterion. Part of the observed misclassification errors can be related to non-typical lakes. As for the quantitative analysis, a Kappa Index of 0.64 was obtained as well as a Global Accuracy of 73%. This study is still in experiment phase but already gives evidences of the potential of remote sensing techniques, and more specifically OBIA, for automatically detecting lakes and differentiating them between saline and non-saline in the Pantanal of Nhecolândia region.

**Keywords:** Object-Based Image Analysis, Pantanal of Nhecolândia, InterIMAGE System.



## 1. INTRODUÇÃO

A região conhecida como Pantanal consiste em uma ampla planície alagável com aproximadamente 138.183 km<sup>2</sup> de área hidrográfica do alto rio Paraguai (Silva e Abdon, 1998). Recentemente designado pela UNESCO como Reserva da Biosfera e Patrimônio da Humanidade, o Pantanal é reconhecido mundialmente por suas riquezas naturais, ampla biodiversidade e importância de seu ecossistema. Toda esta riqueza pode ser organizada em oito sub-regiões (cada uma com um tipo predominante de paisagem e todas nomeadas com o prefixo "Pantanal"): Barão de Melgaço, Cáceres, Nabileque, Nhecolândia, Paiaguás, Paraguai e Poconé (Junk et al., 2006). Apesar deste mosaico de paisagens e da importância deste ecossistema como um todo, informações científicas confiáveis e detalhadas sobre o Pantanal ainda são escassas. Vários assuntos relacionados com a evolução e a dinâmica das suas paisagens ainda estão sendo discutidos na literatura especializada.

Um exemplo refere-se à presença de inúmeras lagoas no Pantanal da Nhecolândia, cuja gênese e comportamento ainda não são bem conhecidos (Costa e Telmer, 2006). Tais lagoas apresentam características peculiares, variando de lagoas de água doce, também denominadas de baías, e lagoas salgadas, comumente denominadas de salinas (Abdon et al., 1998; Medina-Junio e Rietzeler, 2005). Há também lagoas de água dura (com altas concentrações de carbonato de cálcio) ou salobras (Pott e Pott, 2000). As lagoas salinas não apresentam vegetação aquática, já as lagoas doces frequentemente apresentam vegetação de aguapé. As lagoas salinas geralmente apresentam cordões arenosos em suas margens, denominadas cordilheiras, as quais se configuram por elevações de até 5 m com

vegetação arbustiva e/ou arbórea às margens das lagoas. Segundo Almeida e Lima (1959), as baías são corpos de água de baixa salinidade e com dinâmica sazonal que promove seu abastecimento nos períodos de cheia. Já as salinas são corpos d'água de alta salinidade e que possuem comportamento perene, em relação aos corpos de água doce.

Embora seja de conhecimento da comunidade científica a diferença de salinidade entre as lagoas, o mapeamento de todo o conjunto de lagoas que perfazem o Pantanal e sua diferenciação entre lagoas salinas e não-salinas é uma tarefa que denota certa complexidade. Atualmente, a disponibilidade crescente de dados de sensoriamento remoto, avanço das técnicas de geoprocessamento e processamento digital de imagens podem facilitar a identificação, mapeamento e distinção das referidas lagoas. As importantes contribuições de Almeida et al. (2003), Gomes et al. (2006) e Costa e Telmer (2006, 2007) corroboram esta afirmação.

No entanto, até o momento, a abordagem conhecida como Análise de Imagens Orientada a Objeto (AIOO) não foi aplicada para a finalidade de detecção e diferenciação de lagoas no Pantanal de Nhecolândia. A AIOO possui muitas potencialidades, dentre as principais destacam-se a segmentação das imagens em mais de uma escala e com mais de um conjunto de parâmetros, a possibilidade de exploração de atributos espectrais, de textura, geométricos e topológicos para a classificação de segmentos, a definição da relação semântica e hierárquica entre as classes através de diagramas de classes e análise do grau de pertinência dos objetos às classes (i.e., quando a descrição das

classes se utiliza de funções de pertinência *fuzzy*). Consequentemente, a AIOO permite a elaboração de forma flexível de regras e processos complexos de classificação e análise de imagens, permitindo inclusive a emulação do raciocínio humano de interpretação de imagens de sensoriamento remoto (Benz et al., 2004; Dragut, 2006; Blaschke, 2010).

Apesar das diversas potencialidades da AIOO acima descritas, as quais apresentam algumas vantagens em relação aos classificadores estatísticos convencionais para determinadas aplicações, o custo para a aquisição de licenças de uso dos sistemas comerciais de AIOO ainda é considerado alto para os padrões econômicos de países em desenvolvimento. Outra desvantagem é que estes sistemas são de código fechado, não permitindo que o usuário conheça a heurística e o funcionamento dos algoritmos que os compõem. Por estas razões, é de grande interesse a comunidade científica o desenvolvimento de sistemas computacionais não-proprietários e abertos que visem permitir que um número maior de usuários utilize técnicas de AIOO em estudos ambientais e urbanos.

A partir do exposto acima, o objetivo deste trabalho foi a aplicação de técnicas de AIOO para a detecção de lagoas no Pantanal da Nhecolândia e a verificação de seu potencial para a diferenciação de lagoas salinas das não-salinas. Para tanto, foram utilizadas imagens orbitais multiespectrais e o sistema brasileiro livre e de código aberto InterIMAGE (InterIMAGE, 2010).

### 1.1. O Sistema InterIMAGE

O InterIMAGE é um sistema de AIOO de livre acesso e de código aberto que pode ser instalável nos sistemas operacionais Linux e Windows (InterIMAGE, 2010). O conceito de

análise de imagens do InterIMAGE, ou seja, sua estratégia de interpretação, é baseado no sistema GeoAIDA (Bückner et al., 2001), desenvolvido pela Universidade de Leibniz em Hannover, Alemanha. Esta estratégia de análise de imagens é baseada em uma rede semântica e em regras de classificação definidas pelo usuário e que representam o seu conhecimento sobre a cena analisada. A estratégia de interpretação se aplica em duas etapas, chamadas *Top-Down* (TD) e *Bottom-Up* (BU).

Na etapa TD o sistema percorre a rede semântica de cima para baixo disparando os chamados operadores holísticos. Operadores holísticos são programas executáveis, externos ao núcleo do sistema, especializados na detecção de hipóteses de objetos de certa classe. Para tanto, operadores holísticos realizam uma rotina de processamento de imagens ou simplesmente importam objetos gerados em outros sistemas de processamento de dados ou banco de dados SIG. Todos os nós da rede semântica podem conter um operador holístico, do contrário o sistema apenas passa para os nós filhos da rede os objetos extraídos pelo operador holístico do nó-pai do nó em questão. Os operadores holísticos podem ser desenvolvidos em qualquer linguagem que o usuário tenha conhecimento de programação. Na teoria, portanto, estes operadores podem processar qualquer tipo de imagem, dando o InterIMAGE a capacidade de análises multi-sensor. TerraAIDA (2010) oferece um repositório online dos operadores desenvolvidos pela equipe de desenvolvimento do projeto InterIMAGE.

Para a detecção de hipóteses de certa classe, operadores holísticos normalmente realizam três procedimentos controlados pelo usuário: (1) segmentação das imagens (i.e., importação de dados vetoriais ou máscaras) (2) cálculo de atributos e (3) classificação de objetos. As

áreas geográficas delimitadas por um operador holístico são transmitidas como máscaras para os nós-filhos do nó em questão da rede semântica. Sobre estas máscaras os operadores holísticos inseridos nestes nós-filhos operarão. Presentemente, o usuário pode elaborar um operador holístico utilizando (1) um de dois algoritmos de segmentação de imagens, a saber, o algoritmo de Baatz e Schäpe (2000) e o de Bins et al. (1996), (2) atributos espectrais, texturais e geométricos e (3) regras de classificação envolvendo, se necessário, estruturas hierárquicas de operadores de seleção (i.e., mínimo e máximo).

Na etapa BU, o sistema ascende a rede semântica solucionando os conflitos espaciais. Estes são resultantes do fato de uma mesma área geográfica poder ter sido identificada como hipótese de mais de uma classe durante a etapa TD. Esta solução dos conflitos espaciais é feita baseada em regras definidas pelo usuário e que são inseridas em todo nó da rede semântica que não é um nó-folha. A solução dos conflitos espaciais envolve o descarte parcial ou total de hipóteses ou a validação destas em instâncias. As regras BU, ou regras de solução de conflito especial, podem envolver seleções adicionais de hipóteses. Se mesmo depois deste descarte de hipóteses, conflitos espaciais ainda permanecerem estes são resolvidos ou pela definição supervisionada de uma ordem de prioridade entre as classes ou através da competição de valores de pertinência às classes dados por funções *fuzzy* de pertinência desenhadas pelo usuário. As regras BU são customizadas em uma interface gráfica amigável que permite a elaboração de regras complexas que podem inclusive simular o raciocínio humano de interpretação de imagens.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

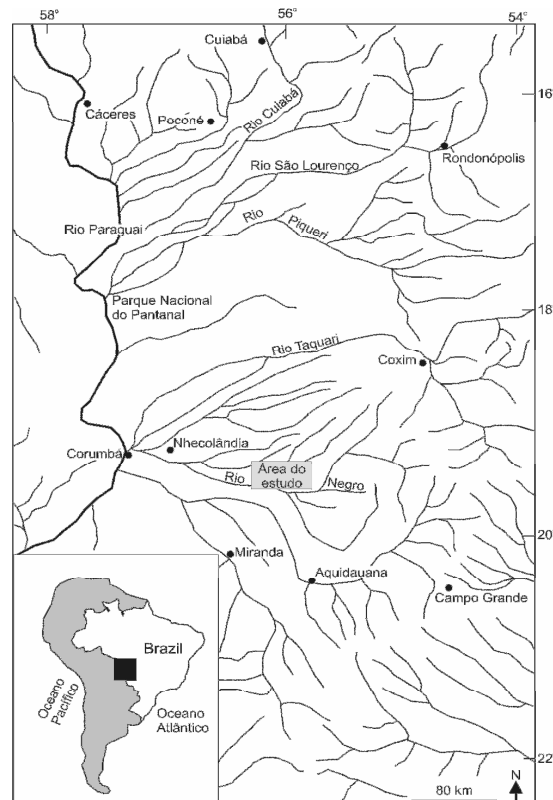
A área de estudo está localizada entre as coordenadas 19° 20' 07" e 19° 32' 08" de latitude Sul e 55° 47' 53" e 55° 47' 53" de longitude Oeste de *Greenwich*, no Pantanal da baixa Nhecolândia, inserida entre os rios Taquari e Negro (Figura 1). Trata-se de uma área que apresenta um grande número de lagoas e que tem sido alvo de diversas pesquisas (Figura 2) (Soares et al., 2003; Almeida et al., 2003; Gomes et al., 2006; Costa e Telmer, 2006, 2007).

A área está inserida em uma feição geomorfológica, conhecida como Megaleque do rio Taquari (Braun, 1977). Estudos recentes sugerem que as formas do relevo da Nhecolândia estão relacionadas com a dinâmica de sedimentação do Megaleque do Taquari (Zani et al., 2009a; Zani et al., 2009b). Sendo circundada por planaltos, a região constitui-se em uma ampla planície alagável com altitudes que variam entre 80 a 190 m acima do nível do mar. No verão o clima é quente e úmido e no inverno há uma redução na temperatura e queda da pluviosidade, que anualmente soma de 1000 a 1500 mm (Garcia de Emiliani, 1993). A sazonalidade das águas promove dois períodos distintos: os meses de seca que englobam os meses de maio a outubro, e os meses de novembro a abril, quando se inicia as chuvas nas cabeceiras dos rios da Bacia do Rio Paraguai. Esta variação de períodos secos e chuvosos promove mudanças significativas na paisagem (Tarifa, 1986).

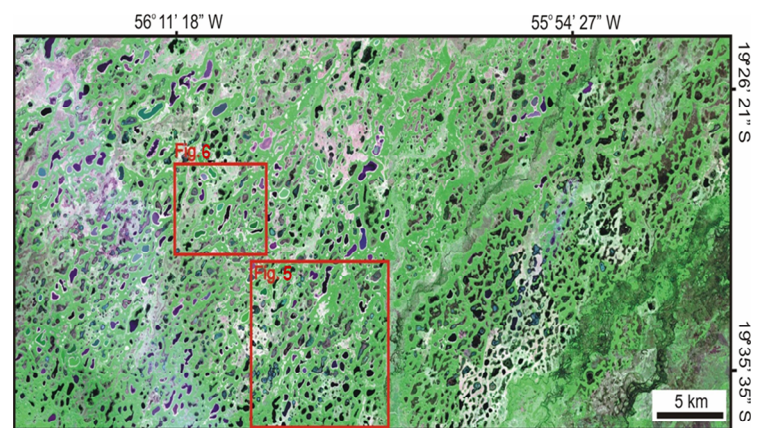
O alto rio Paraguai é o principal sistema fluvial da região. Tem suas nascentes no Planalto do Parecis, Mato Grosso, e flui em terras brasileiras apenas em seu alto curso. Seu fluxo escoo principalmente nos países vizinhos ao Brasil, atravessando todo o Paraguai até a divisa com a Argentina, onde deságua no

rio Paraná, do qual é o principal afluente (Assine e Soares, 2004). Os principais tributários que perfazem o alto rio Paraguai e a área do estudo são: rio São Lourenço, rio Piqueri, rio Taquari e rio Negro.

Segundo Almeida e Lima (1959), os principais elementos da paisagem do Pantanal são as baías, salinas, cordilheiras, vazantes e corixos. As baías ou lagoas de água doce possuem como fonte os períodos de cheia pela água de chuva e pelo lençol freático e apresentam constantemente a presença de vegetação aquática. Já as salinas ou lagoas de alta salinidade possuem caráter perene em relação aos demais corpos d'água, devido à presença de depósitos salinos impermeáveis ao nível freático, além de contar com a presença das cordilheiras de até 5 m de altura em suas margens. Já as vazantes são morfologias relacionadas a amplas drenagens, pouco definidas e possuem alguns quilômetros de largura. São segmentadas pelas cordilheiras, sendo que nos períodos de pico de cheia formam lagoas coalescentes. Segundo Carvalho (1986), as morfologias de vazantes quando desenvolvem seções transversais bem definidas devido ao escoamento em depressões do terreno passam a ser definidas como corixos ou corixões (canais que ligam as baías, lagoas, alagados etc., com os rios adjacentes). Almeida et al. (2003) observaram que a dinâmica de inundações sazonais é controlada cronologicamente pela secagem das lagoas e implica, na coexistência de diferentes estágios na evolução sazonal dos corpos d'água. Após as cheias, as lagoas mais rasas secam, enquanto as mais profundas, em geral as alcalinas e salinas, permanecem, exibindo cordões de areia alva ao longo das bordas.



**Figura 1** - Área do estudo e suas principais drenagens e cidades.



**Figura 2** - Detalhe da área do estudo e morfologias das lagoas descritas por Almeida e Lima (1959) como circulares, elípticas, em crescente, periformes ou irregulares. Os quadros em vermelho indicam a área de abrangência das figuras 5 e 6.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Material

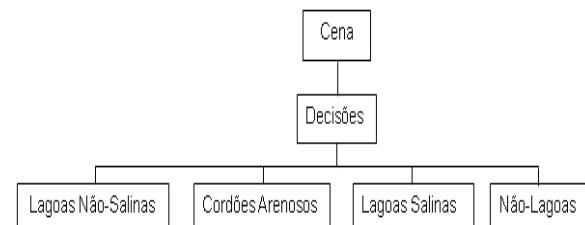
Para a elaboração deste trabalho foram utilizadas imagens do sensor ASTER datadas de 03/08/2001 (período de estiagem na área de estudo) e obtidas diretamente do *Land Processes Distributed Active Archive Center (LP-DAAC)*. O sensor ASTER, a bordo do satélite EOS – Terra, é composto por detectores que operam nas faixas do VNIR (visível e infravermelho próximo; 0,52 a 0,86 $\mu$ m), SWIR (infravermelho de ondas curtas; 1,60 a 2,43 $\mu$ m) e TIR (infravermelho termal; 8,12 a 11,65 $\mu$ m) (Abrams, 2000). No presente estudo foram utilizadas somente as três bandas do VNIR (banda 1 - 0,52 a 0,60  $\mu$ m; banda 2 - 0,63 a 0,69  $\mu$ m e banda 3 - 0,76-0,86) que possuem resolução espacial de 15 m. As imagens utilizadas tem 8 bits de resolução radiométrica.

As configurações das imagens ASTER utilizadas são as do padrão AST07, que contém as bandas do VNIR corrigidas para o efeito da atmosfera e valores convertidos para reflectância de superfície. O método utilizado pelo LP-DAAC para a geração do produto AST07 consiste na aplicação de um modelo de transferência radiativa (Thome et al., 1998) em conjunto com parâmetros atmosféricos obtidos pelo *National Center for Environmental Prediction (NCEP)*. Posteriormente, um modelo digital de elevação fornece a declividade e elevação do terreno para a obtenção da reflectância de superfície (Abrams e Hook, 2002). Em áreas com relevo de baixa amplitude altimétrica, como a região estudada neste trabalho, a exatidão absoluta do produto AST07 é de  $\pm 0,01$  % para terrenos com reflectância inferior a 15 % e  $\pm 7$  % para

terrenos com reflectância superior a 15 %. Para detalhes ver Abrams e Hook (2002).

#### 3.2. Modelo de classificação e sua formatação no sistema InterIMAGE

O modelo de classificação foi elaborado conforme a estratégia de análise de imagens do sistema InterIMAGE, ou seja, estruturado em uma rede semântica em cujos nós foram inseridos operadores holísticos e regras de decisão BU. A figura 3 mostra a rede semântica elaborada.



**Figura 3** - Rede semântica do modelo de classificação.

Na etapa TD, os nós Cena e Decisões recebem o operador holístico *Dummy Top-Down*. Este operador apenas passa para os seus nós-filho as máscaras, ou seja, as regiões geográficas, recebidas de seu nó-pai. Como no nó Cena a região geográfica é a imagem inteira, e como o nó Decisões recebeu o operador *Dummy Top-Down*, os operadores holísticos inseridos nos nós Lagoas Não-Salinas, Lagoas Salinas, Cordões Arenosos e Não-Lagoas processam a imagem inteira. O operador TD inserido no nó Lagoas Não-Salinas é o *TerraAIDA Baatz Segmenter*. Este operador pode somente segmentar a imagem utilizando o algoritmo de segmentação proposto por Baatz e Schäpe (2000) e parâmetros definidos pelo usuário, como também segmentar a imagem e em seguida selecionar segmentos correspondentes à classe a qual o operador foi inserido. No caso do nó Lagoas Não-Salinas o *TerraAIDA Baatz*

*Segmenter* apenas segmenta a imagem utilizando os parâmetros de segmentação exibidos na coluna P1 da Tabela 1. Este mesmo operador, com os mesmos parâmetros, foi inserido nos nós Lagoas Salinas e Não-Lagoa. Portanto, inicialmente, todos os segmentos gerados sobre a imagem inteira são hipóteses de objetos destas três classes. Ainda na etapa TD, o nó Cordões Arenosos segmenta a imagem utilizando os parâmetros exibidos na coluna P2 da Tabela 1 e seleciona os segmentos com o valor do atributo 'brilho', que é, para cada segmento, a soma da média dos pixels das três bandas do visível e infravermelho-próximo do ASTER dividido por 3, acima do limiar 170. O operador usado para isto foi também o *TerraAIDA Baatz Segmenter*.

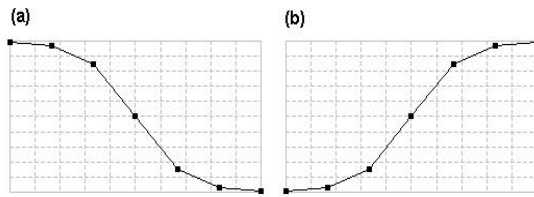
Os valores expressos na Tabela 1 foram obtidos através de tentativa e erro. Diversos conjuntos de parâmetros foram testados. Ao final, decidiu-se aplicar um peso baixo ao parâmetro Forma, o que implica em um peso alto para o parâmetro Cor (0.9, neste caso), nos dois conjuntos de parâmetros (P1 e P2). Como a intenção era segmentar precisamente as lagoas, que têm formato arredondado, priorizou-se o parâmetro de forma Suavidade em P1. Já os cordões arenosos, por serem de menor tamanho em relação às lagoas, foram mais bem segmentados aplicando-se um parâmetro baixo de escala e mantendo-se os valores padrões do operador *TerraAIDA Baatz Segmenter*.

**Tabela 1-** Parâmetros de segmentação aplicados ao longo do processo de classificação automática.

Parâmetros	P1	P2
Parâmetro de escala	100	40
Forma	0.1	0.1
Cor	0.9	0.9
Compacidade	0.35	0.5
Suavidade	0.65	0.5

Neste modelo de classificação elaborado, fica a cargo da regra BU

inserida no nó Decisões a solução dos conflitos espaciais ocorrentes entre as classes na imagem. Isto é feito da forma seguinte. Todas as hipóteses de Cordões Arenosos são validadas, ganhando pertinência máxima (i.e., igual a 1.0), ou seja, ganham todos os conflitos espaciais com todas as outras classes. Em seguida, são calculados os atributos 'média dos pixels na banda do infravermelho próximo' e 'circularidade' para todas as hipóteses de Lagoas Salinas e Lagoas Não-Salinas. Igualmente para as duas classes, o primeiro atributo foi associado com a função de pertinência 'a' da figura 4, tendo como limiar esquerdo e direito os valores 0 e 300 respectivamente, e o segundo atributo foi associado à função 'b' da figura 4, tendo como limiar esquerdo e direito os valores 0 e 1 respectivamente. Os atributos calculados para as hipóteses de Não-Lagoa são os mesmos que as classes Lagoas Salinas e Lagoas Não-Salinas. Porém, ao atributo 'média dos pixels na banda do infravermelho próximo' foi associada à função de pertinência 'b' da figura 4, tendo como limiar esquerdo e direito os valores 0 e 300 respectivamente, ao passo que o atributo 'circularidade' foi associado à função de pertinência 'a' da figura 4, tendo como limiar esquerdo e direito os valores 0 e 1 respectivamente. Para todas as três classes, o operador de agregação dos valores de pertinência 'mínimo' foi usado. Nota-se então que as classes Lagoas Salinas e Lagoas Não-Salinas tem a mesma regra de cálculo de pertinência dos segmentos a estas classes, enquanto a classe Não-Lagoa tem como regra o oposto das classes Lagoas Salinas e Lagoas Não-Salinas.



**Figura 4** - Funções de pertinência associadas aos atributos utilizados na descrição das classes. Os limiares do eixo Y são sempre 0 e 1 e os limiares do eixo X dependem do caso.

Assim é feito a solução dos conflitos espaciais: a classe Cordões Arenosos ganha todos os conflitos espaciais em todas as ocasiões e as classes Lagoas Salinas e Lagoas Não-Salinas competem em valor de pertinência com a classe Não-Lagoa. Naturalmente ainda existirão conflitos espaciais entre todas as hipóteses de Lagoas Salinas e Lagoas Não-Salinas, já que elas têm os mesmos parâmetros de segmentação, os mesmos atributos calculados e associados às mesmas funções de pertinência. A estratégia adotada foi a de ignorar este fato e deixar o sistema atribuir randomicamente os segmentos às classes Lagoas Salinas ou Lagoas Não-Salinas e em seguida inserir uma regra de reclassificação.

Esta regra de reclassificação é inserida na regra BU do nó Decisões após ser feita a resolução dos conflitos espaciais (o que só se efetua quando se insere o comando *Spatial Resolve* na regra) na forma acima demonstrada. Primeiramente, ao se inserir o comando *Merge Neighbours* para todas as classes, segmentos adjacentes entre si e de mesma classe são agregados em uma só instância. Esta eliminação da fronteira entre instâncias vizinhas e de mesma classe faz com que as instâncias passem a representar a forma dos objetos do mundo real, e não mais partes destes como antes em que as instâncias tinham a forma dos segmentos gerados na segmentação (etapa TD). Em seguida, são selecionadas as instâncias de Lagoas Não-

Salinas com borda relativa (porcentagem do perímetro da instância) acima de 60% com a classe Cordões Arenosos e atribuem-se estas instâncias à classe Lagoas Salinas. Da mesma forma, são selecionadas as instâncias de Lagoas Salinas com borda relativa (porcentagem do perímetro da instância) abaixo de 60% com a classe Cordões Arenosos e atribuem-se estas instâncias à classe Lagoas Não-Salinas. Na prática, portanto, não importa qual classe tenha randomicamente ganhado o conflito espacial entre Lagoas Salinas e Lagoas Não-Salinas, pois qualquer lagoa com borda relativa acima de 60% com cordões arenosos foram classificadas como Lagoas Salinas, enquanto lagoas com borda relativa abaixo de 60% com cordões arenosos foram classificadas como Lagoas Não-Salinas.

### 3.3 Avaliação da classificação automática

A avaliação quantitativa da classificação foi feita baseada em uma matriz de confusão gerada a partir de 115 amostras pontuais coletadas visualmente de forma aleatória. Segundo Congalton e Green (1999), a matriz de confusão, se elaborada corretamente, tem eficiência comprovada e expressa de forma explícita a confiabilidade do mapa para os planejadores que o utilizarão na tomada de decisões. Nessa matriz, as colunas usualmente representam os dados de referência (verdade assumida), e as linhas, a classificação automática obtida. Os erros de omissão (amostras de uma classe atribuídas erroneamente a outras) e de comissão (amostras atribuídas erroneamente a uma classe) são expressos na matriz de erros para cada par de classes. Assim, várias medidas de exatidão podem

ser calculadas a partir de uma matriz de confusão.

Foram calculados os índices Exatidão Global e Kappa (Congalton e Green, 1999), assim como os erros de omissão e comissão de cada classe. Dada a ausência de dados de campo, as amostras de referência foram coletadas considerando o conhecimento da área e de interpretação de imagens por parte dos autores deste trabalho.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de Exatidão Global e do índice *Kappa* são respectivamente de 0,73 e 0,64 e indicam que a classificação é de muito boa qualidade. Demais parâmetros como erros de inclusão e de omissão podem ser observados na Tabela 2 e auxiliam a identificação dos principais erros.

**Tabela 2** - Matriz de confusão da classificação por AIOO das lagoas do Pantanal da Nhecolândia.

Classificação	Referência				Total amostras	Erros de inclusão	Erros de omissão
	Areia	Lagoa Não-Salina	Lagoa Salina	Não-Lagoa			
Areia	15	1	0	4	20	0,25	0,17
Lagoa Não-Salina	3	26	9	0	38	0,32	0,35
Lagoa Salina	0	0	23	0	23	0	0,41
Não-Lagoa	0	13	1	20	34	0,41	0,17
<b>Total amostras</b>	<b>18</b>	<b>40</b>	<b>33</b>	<b>24</b>	<b>115</b>		

Analisando os dados da matriz de confusão e as cenas ASTER, observa-se que comumente as áreas de Lagoas Não-Salinas foram classificadas como áreas de Não-Lagoas. Ao verificar os pontos selecionados, observa-se que a inclusão foi induzida pela configuração das lagoas, as quais em sua grande parte estavam secas, e dessa forma dificultaram a identificação de suas bordas pelo segmentador, o que fez

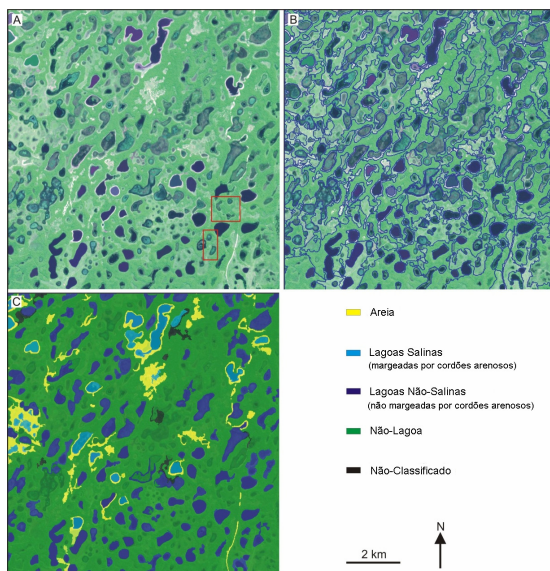
com que toda a área fosse classificada como Não-Lagoa. Quanto às áreas de Lagoa Salina classificadas incorretamente como Lagoa Não-Salina, o erro deu-se devido à segmentação incorreta dos cordões arenosos, pois a classe Lagoa Salina foi descrita como possuindo ao menos 60% de seu perímetro fazendo fronteira com polígonos da classe Cordões Arenosos. Por outro lado, salienta-se que o resultado da classificação neste grau de detalhe depende muito da resolução espacial das imagens utilizadas.

Tratando-se de um ambiente altamente complexo dado as distintas morfologias presentes na paisagem, em especial as lagoas as quais apresentam formas, dimensões e composição geoquímicas distintas, a partir da análise visual dos mapas temáticos oriundos da classificação por AIOO da cena ASTER observa-se uma boa relação entre o verificado na cena e o resultado da classificação (Figura 5). Notam-se na figura 5A duas configurações distintas de lagoas: as que possuem cordões arenosos em suas margens (localizadas principalmente no setor norte da figura), e as lagoas que não apresentam cordões arenosos (concentradas principalmente na porção sul da figura). Entretanto, observam-se também na figura 5A (retângulos em vermelho) que algumas lagoas não estão presentes no mapa temático final (Figura 5C). Isto pode ser atribuído principalmente aos parâmetros estabelecidos para a segmentação da imagem (em especial o parâmetro de escala), os quais podem ser redimensionados a fim de que lagoas de menor dimensão sejam identificadas.

Nota-se que as lagoas que não foram identificadas na maioria dos casos apresentam déficit de água, cuja causa deve estar ligada ao período de estiagem, período este em que a imagem ASTER foi adquirida. Tal fato promove a redução do



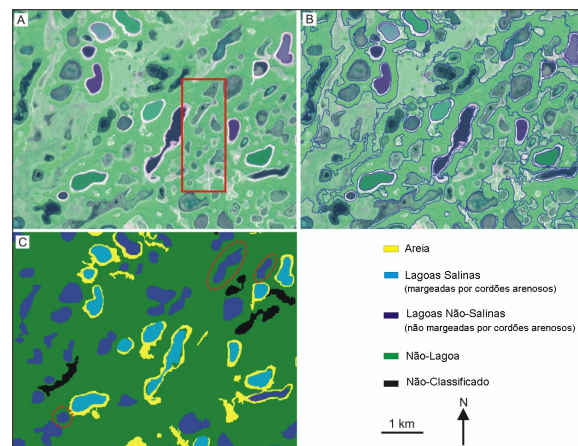
corpo d'água da lagoa, o que, conseqüentemente, aumenta a dificuldade em segmentá-la, já que o segmentador tem dificuldade em encontrar os limites entre áreas secas com outras áreas úmidas que não são lagoas. Considerando que as lagoas de alta salinidade possuem comportamento perene em relação aos corpos de água doce, os quais são abastecidos somente nos períodos de cheia (Almeida e Lima, 1959), interpretam-se as lagoas secas não mapeadas como prováveis lagoas de água doce que estão com déficit de água devido ao período de estiagem, que por sua vez também reduz o nível do lençol freático.



**Figura 5** - A) Seção da área do estudo apresentada em composição colorida (R2G3B1) da imagem ASTER. Retângulos em vermelho indicam lagoas não verificadas no mapa temático; B) Segmentação da imagem ASTER e, C) Mapa temático da imagem ASTER classificada.

A análise em maior detalhe da imagem ASTER classificada denota claramente a boa qualidade da classificação, principalmente no delineamento dos cordões arenosos que margeiam as lagoas (Figura 6). Entretanto, há alguns erros, como os verificados na figura 6C, onde os círculos vermelhos

pontilhados indicam lagoas sem a presença de cordões arenosos, ou seja, ao contrário do que é observado na realidade (Figura 6A). Tal confusão do classificador indica que é necessário rever os limiares da segmentação, para que as feições de interesse sejam destacadas em suas respectivas classes.



**Figura 6** - A) Seção da área do estudo apresentada em composição colorida (R2G3B1) da imagem ASTER. O retângulo em vermelho indica lagoas não verificadas no mapa temático. B e C) Segmentação e mapa temático da imagem ASTER classificada. Nota-se em C o bom delineamento dos cordões arenosos que margeiam as lagoas. Os círculos referem-se a alguns erros de classificação, ocorridos devido à ausência de cordões arenosos em suas margens.

Neste trabalho a identificação precisa dos cordões de areia margeando as lagoas foi fundamental para tentar diferenciar as lagoas salinas das não salinas. Isto é devido ao fato das lagoas salinas comumente apresentarem cordões arenosos em suas margens, já que a alta salinidade da lagoa impede o avanço da vegetação da cordilheira em direção a lagoa. Já as lagoas sem cordões de areia apresentam baixa salinidade (Almeida et al., 2003). Por se tratar de uma cena obtida no período de estiagem, ou seja, em um período onde as lagoas apresentam redução de seu corpo d'água, a identificação de cordões arenosos é facilitada pelo fato de

estarem expostos. Com isso, a partir das classificações obtidas (Figuras 5C e 6C), podem-se interpretar como sendo corpos d'água com alta salinidade as lagoas que apresentam cordões arenosos em suas margens, e as de baixa salinidade as lagoas ausentes de cinturões de areia em suas margens.

Neste estudo foram utilizadas imagens de 15 metros de resolução espacial provenientes do sensor ASTER. Observa-se que as mesmas foram suficientes para extrair as informações desejadas, principalmente as feições de maior dimensão. Entretanto, observa-se que os erros existentes na classificação comumente foram verificados para as feições de menor dimensão. Dessa forma a edição dos parâmetros de segmentação e dos limiares de classificação pode melhorar os resultados. Estas edições podem ser feitas para se adequarem a áreas e datas específicas de estudo na região de Nhecolândia sem que a estrutura do modelo seja alterada.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem da AIOO demonstrou ser uma alternativa eficaz para identificar e delinear as lagoas do Pantanal da Nhecolândia e diferenciá-las em salinas e não-salinas. Os pontos positivos da abordagem proposta foram o delineamento preciso das áreas de lagoas e a identificação precisa de lagoas margeadas por cordões de areia, as quais auxiliam na diferenciação entre lagoas de água salina e água doce. Os pontos negativos remetem a alguns erros de omissão e inclusão entre estas mesmas classes. Parte dos erros pode ser atribuída à ineficácia dos parâmetros de segmentação utilizados para o delineamento preciso das lagoas e à configuração de algumas destas, as quais

se diferenciam de sua forma típica no período de vazante, especialmente as de menor tamanho. Embora havendo erros de inclusão e omissão, os valores de Exatidão Global e Índice *Kappa* e a avaliação visual da classificação asseguram que a abordagem da AIOO é de grande potencial para a finalidade que este trabalho trata.

Em trabalhos futuros, sugere-se também que a classificação gerada seja validada também com dados obtidos em campo e que imagens de mais de uma data sejam utilizadas, preferencialmente de época de seca e de chuva, de modo a identificar o padrão sazonal das lagoas, o que possibilitaria sua classificação quanto salina ou não-salina de forma mais segura. Com relação a isto, em breve estará disponível no sistema InterIMAGE um operador de análises multi-temporais desenvolvido por Costa (2009) e que tem grande potencial de aplicação para a diferenciação de lagoas nesta região.

Ademais, observa-se que a utilização de imagens de maior resolução espacial facilitaria a segmentação e a classificação de lagoas e de cordões arenosos de menor tamanho. Com a crescente disponibilidade de sistemas sensores desta categoria (IKONOS II, QuickBird, Orb-View-3, Cartosat-1/2, WorldView II, Geoeye-1, EROS C, CBERS-2B/HRC, Rapid Eye, HR-1, Aisat-2, e o lançamento previsto do HR-2 para o ano de 2010), o que tende a diminuir o custo destes dados, e a possibilidade de aplicar a abordagem de classificação por AIOO em um sistema computacional genuinamente brasileiro de custo zero e de código aberto, o mapeamento automático de lagoas e outras feições presentes no Pantanal da Nhecolândia pode atingir índices de exatidão ainda mais altos do que os obtidos neste trabalho.

Apesar do caráter experimental deste trabalho, foi apresentado o enorme potencial da classificação de imagens de

sensoriamento remoto e, mais especificamente, da AIOO para a identificação e diferenciação automática de lagoas presentes no Pantanal da Nhecolândia. O modelo de classificação apresentado pode ser operacionalizado, pois foi elaborado com o sistema livre InterIMAGE. A edição do modelo em termos de parâmetros de segmentação e limiares de classificação pode ser feita para adequar-se a datas e áreas específicas, exigindo do usuário apenas o conhecimento do sistema utilizado.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem a solicitude e os esforços empreendidos por todos os competentes membros do Projeto InterIMAGE tanto da PUC-Rio (Dr. Raul Queiroz Feitosa, Dr. Gilson Costa, MSc. Dário Oliveira e Rodrigo Ferreira) quanto do INPE (Dr. Hermann Kux, Dra. Cláudia Almeida, MSc. Emiliano Castejon e MSc. Thales Korting).

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdon, M.M.; Pott, V.J.; Silva, J. dos S.V. 1998. Avaliação da cobertura por plantas aquáticas em lagoas da sub-região da Nhecolândia no Pantanal por meio de dados Landsat e SPOT. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 33 número especial, p.1675-1683.

Abrams, M.J. 2000. The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER): Data products for the high resolution imager on NASA's Terra Platform. International Journal of Remote Sensing, v. 21 n. 5, p. 847-859.

Abrams, M.; Hook, S. 2002. ASTER user handbook. Pasadena, CA: Jet Propulsion Laboratory.

Almeida, F.F.M.; Lima, M.A. 1959. Planalto Centro-Ocidental e Pantanal Mato-grossense.

Anais. XXVIII Congresso Internacional de Geografia, Rio de Janeiro, p. 169.

Almeida, T.I.R.; Sígolo, J.B.; Fernandes, E.; Queiroz-Neto, J.P.; Barbiero, L.; Sakamoto, A.Y. 2003. Proposta de classificação e gênese das lagoas da baixa Nhecolândia-MS com base em sensoriamento remoto e dados de campo. Revista Brasileira de Geociências, v. 33 n.2, p. 83-90.

Assine, M.L.; Soares, P.C. 2004. Quaternary of the Pantanal, west-central Brazil. Quaternary International, v. 114 n. 1, p.23-34.

Baatz, M.; Schäpe, A. 2000. Multiresolution segmentation – an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. <[agit.at/papers/2000/baatz\\_FP\\_12.pdf](http://agit.at/papers/2000/baatz_FP_12.pdf)>. Acessado em: 12/07/2009.

Benz, U. C.; Hofmann, P.; Willhaucke, G.; Lingenfelder, I.; Heynen, M. 2004. Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, v. 58, n. 3-4, p. 239-258.

Bins, S.A., Fonseca, L.M.G., Erthal, G.J. 1996. Satellite imagery segmentation: a region growing approach. Anais. VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), Salvador, Brazil, p. 677-680.

Blaschke, T. 2010. Object based image analysis for remote sensing. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, v. 65, p. 2-16

Braun, E.H.G. 1977. Cone aluvial do Taquari, unidade geomórfica marcante na planície quaternária do Pantanal. Revista Brasileira de Geografia, v. 39 n. 4, p. 164-180.

Bückner, J.; Stahlhut, O.; Pahl, M.; Liedtke, C.E. 2001. GEOAIDA - A knowledge based automatic image data analyzer for remote sensing data.

<[citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.20.5785&rep=rep1&type=pdf](http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.20.5785&rep=rep1&type=pdf)>. Acessado em 12/07/2009.

Carvalho, N.O. 1986. Hidrologia do Alto Paraguai. Anais. I Simpósio de Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal, Corumbá, p. 63-76.

Congalton, R.G., Green, K. 1999. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices, Lewis Publishers, New York. 160p.

- Costa, M.P.F.; Telmer, K.H. 2006. Utilizing SAR imagery and aquatic vegetation to map fresh and brackish lakes in the Brazilian Pantanal wetland. *Remote sensing of Environment*, v. 105 n. 3, p. 204-213.
- Costa, M.P.F.; Telmer, K.H. 2007. Mapping and monitoring lakes in the Brazilian Pantanal wetland using synthetic aperture radar imagery. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, v. 17 n. 3, p. 277-288.
- Costa, G.A. 2009. A knowledge-based approach for automatic interpretation of multirate remote sensing data. Tese de Doutorado em Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. 146p.
- Dragut, L.; Blaschke, T. 2006. Automated classification of landform elements using object-based image analysis. *Geomorphology*, v. 81, n. 3-4, p. 330-344.
- Garcia de Emiliani, M. O. 1993. Seasonal succession of phytoplankton in a lake of the Paraná River flood plain, Argentina. *Hydrobiologia*, n. 264, p. 101-114.
- Gomes, A.R.; Soler, L.S.; Affonso, A.G.; Assine, M.L. 2006. Classificação digital de imagem JERS-1 para identificação de lagoas na baixa Nhecolândia – MS. *Anais. I Simpósio de Geotecnologias no Pantanal*. Campo Grande: EMBRAPA, p. 192-199.
- InterIMAGE. 2010. Interpreting Images Freely. <[vc.ele.puc-rio.br/projects/interimage](http://vc.ele.puc-rio.br/projects/interimage)>. Acessado em 12/07/2009.
- Junk, W.J.; Cunha, C.N.; Wantzen, K.M.; Pertemann, P.; Strussmann, C.; Marques, M.I.; Adis, J. 2006. Biodiversity and its conservation in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Aquatic Sciences*, v. 68 n.3, p. 278-309.
- Medina-Júnio, P.B.; Rietzeler, A.C. 2005. Limnological study of a Pantanal saline lake. *Brazilian Journal of Biology*, v. 65 n. 4, p. 651-659.
- Pott, V.J.; Pott, A. 2000. Plantas aquáticas do pantanal. EMBRAPA, Brasília. 404p.
- Silva, J. dos S.V.; Abdon, M.M. 1998. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 33 número especial, p. 1703-1711.
- Soares, A.P.; Soares, P.C.; Assine, M.L. 2003. Areais e lagoas do Pantanal, Brasil: herança paleoclimática? *Revista Brasileira de Geociências*, v. 33 n. 2, p. 211-224.
- Tarifa, J. R. 1986. O sistema climático no Pantanal: Da compreensão do sistema a definição de prioridade de pesquisa climatológica. In: *Anais do Simpósio sobre Recursos Naturais e Socio-econômicos do Pantanal*, 9-27. Brazilian Corporation for Agricultural Research (EMBRAPA), Brasília.
- TerraAIDA. 2010. IntelIMAGE Operators. <[dpi.inpe.br/terraaida/?lingua=portugues](http://dpi.inpe.br/terraaida/?lingua=portugues)>. Acessado em 12/07/2009.
- Thome, K.; Palluconi, F.; Takashima, T.; Masuda, K. 1998. Atmospheric correction of ASTER. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 36 n. 4, p. 1199-1211.
- Zani, H.; Assine, M.L.; Silva, A.; Coradini, F.A. 2009a. Redes de drenagem distributária e formas deposicionais no Megaleque do Taquari, Pantanal: uma análise baseada no MDE-SRTM. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 10 n. 1, p. 21-28.
- Zani, H.; Assine, M.L.; Silva, A.; Coradini, F.; Kuerten, S.; Gradella, F.S. 2009b. Geoformas deposicionais e feições erosivas no Pantanal Mato-Grossense identificadas por sensoriamento remoto. *Geografia*, v. 34 número especial, p. 643-654.



## **O USO DO SOLO E O CONFLITO POR ÁGUA NO ALTO RIO RIACHÃO – NORTE DE MINAS GERAIS: UMA ANÁLISE AUXILIADA PELAS GEOTECNOLOGIAS**

### **LAND USE AND WATER CONFLICT AT UPPER RIACHÃO RIVER IN NORTHERN OF MINAS GERAIS: AN ANALYSIS AIDED BY GEOSPATIAL TECHNOLOGY**

Marcos Esdras Leite  
marcosesdras@ig.com.br

Manoel Reinaldo Leite  
manoelreinaldo@ig.com.br

Carlos Magno Santos Clemente  
carlosmagno\_sc@ig.com.br

Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES  
Departamento de Geociências  
Laboratório de Geoprocessamento

#### **RESUMO**

Inserida na microrregião geográfica de Montes Claros, norte de Minas, a bacia do rio Riachão vem sendo “palco” de disputas entre irrigantes e agricultores familiares pelo uso do solo e da água. Localizada em uma região, na qual a concentração de chuvas compromete a manutenção de corpos d’água perenes, a bacia do referido rio assume um papel estratégico para a qualidade de vida da população ribeirinha. Este estudo buscou a partir da aplicação das geotecnologias compreender as analogias entre a ocupação do solo/utilização da água, no alto Riachão, e as relações de conflitos emanadas desta realidade. A partir dos resultados encontrados pode-se perceber a relação intrínseca entre as formas desordenadas do uso do solo e a disponibilidade de água na jusante dessa bacia, o que tem gerado conflitos entre os irrigantes, concentrados na parte alta da bacia e os pequenos produtores prevaletentes no médio e no baixo Riachão.

**Palavras-chave:** Bacia hidrográfica do Alto Riachão, uso do solo, água e geotecnologias.

#### **ABSTRACT**

The Riachão drainage basin, which is inserted in the geographic microregion of Montes Claros, north of Minas Gerais, has become the platform for disputes between irrigators and farmers for the land use and water. In that microregion, the concentration of rainfall interferes the maintenance of perennial water bodies, and that basin plays an important role in the quality life of the surrounding region. This work sought to find and understand similarities between the occupation and the water use, using geospatial technology, and the conflict emanating from the dispute in the major region where the source of the river is found. From the results one can see the intrinsic relationship between the disordered forms of land use and availability of water downstream in the river basin, which has created conflicts between irrigators, concentrated in the upper basin and small producers in the prevailing medium and low Riachão.

**Keywords:** Riachão drainage basin, land use, water and geo-technology.

## 1. INTRODUÇÃO

A água, dentre os recursos naturais da Terra, é indubitavelmente o mais necessário e utilizado pelo homem, sua importância não reside apenas no fato de ser um componente essencial a vida, mas também nas variadas formas de utilização de suas potencialidades, como por exemplo, a geração de energia elétrica, irrigação, abastecimento humano, transporte de mercadorias entre outras. Neste contexto, o termo água assume uma conotação muito mais ampla e passa a englobar questões políticas, sociais e econômicas, as quais envolvem interesse e gera conflitos por todo o globo terrestre.

O ano de 1972 entra para a história como um marco para o surgimento de políticas de gestão ambiental e alerta para as conseqüências do desenvolvimento econômico a qualquer custo, sobretudo, por denúncias como as contidas no relatório *os limites do crescimento*, publicado por Meadows *et al.* (1973), com as recomendações da conferência de Estocolmo (1972). Nesse documento contém, também, medidas para melhorar o ambiente humano, no âmbito mundial.

No contexto brasileiro Totti e Carvalho (2005) afirmam que as décadas de 1970 e 1980 são influenciadas por esta preocupação com o ambiente humano em harmonia com o ambiente natural, embora algumas controvérsias como acusações dos representantes dos países em desenvolvimento de que os países ricos almejavam limitar seu desenvolvimento econômico com o mito da “poluição”, tenham repercutido por todo o planeta, após a conferência de Estocolmo.

Sabe-se, por outro lado, que a realidade envolvendo a utilização dos recursos hídricos, principalmente nos países em desenvolvimento, como o Brasil, o aproveitamento da água caracteriza-se pela gestão da oferta, como argumenta

Mendes e Cirilo (2001) “não é mais possível que se recorra a medidas de suprimento de água exclusivamente pelo aumento da oferta ou pela escassez de recursos para investimentos, notadamente em países em desenvolvimento”.

Nesta compreensão as ações antrópicas, nestes países, movidas pelo reduzido nível organizacional competem para a degradação do ambiente natural, e, sobretudo nas bacias hidrográficas, nas quais os processos de degradação dos solos, o empobrecimento da vegetação natural, a redução das reservas de água do solo contribuem decisivamente para a sua produtividade natural. (Rebouças, 2006).

Nesse contexto, Salati *et al.* (2006) considera que “entre as principais ações humanas que podem alterar o balanço hídrico, destacam-se em escala local e regional o desmatamento, a mudança de uso do solo, os projetos de irrigação e a construção de barragens”.

Perante disto à promulgação da Lei Nº 9.433/97, a qual atribui a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e permite maior participação dos usuários nas decisões a serem tomadas sobre o território, entre outros, é o primeiro passo rumo a uma gestão mais eficiente e democrática dos recursos hídricos que por sua vez, é um passo decisivo na caminhada para o esperado desenvolvimento sustentado. Por outro lado, o próprio desenvolvimento traz consigo o aumento da demanda pelo uso da água.

Tundisi *et al.* (2006) argumenta que ações estruturais para a conservação e recuperação das bacias hidrográficas, mananciais, águas superficiais e subterrâneas devem ser acompanhadas pelas implementações de ações não-estruturais que consiste na participação da comunidade e dos usuários e na articulação

da sociedade na gestão dos recursos hídricos, na otimização dos usos múltiplos e na gestão dos conflitos. Os bancos de dados locais, regionais e nacionais devem ser integrados para possibilitar a elaboração de cenários qualitativos e quantitativos, baseados num monitoramento permanente com tecnologias avançadas.

No caso do Brasil, os conflitos ainda não mostraram sua face mais crítica, isto é, não se tem indícios de conflitos violentos pela disputa da água em nível nacional. Contudo, sabe-se que as disputas pela água brasileira estão muito mais ligadas à dinâmica econômica, ou seja, na utilização dos recursos hídricos para a realização de atividades agrícolas e industriais, realidade que empoe uma hierarquização para a utilização da água, da terra e dos recursos naturais próximos aos rios, na qual primeiramente tem-se o governo, as empresas e a sociedade civil (Rebouças, 2004).

Esta situação evidencia a necessidade de planejamento sistematizado e integrado, nas quais as políticas públicas devem buscar o desenvolvimento economicamente viável e ambientalmente correto, a fim de promover a gestão integrada da água, em que a bacia hidrográfica se constitui a unidade de planejamento, uma vez que esta é a superfície onde ocorrem às alterações mais nocivas aos recursos hídricos.

Guerra e Guerra (2001) conceitua bacia hidrográfica como o conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. Este conceito implica, necessariamente, na existência de nascentes, divisores de água, cursos d'água principais, afluentes e subafluentes, fato que salienta a importância de pensar a gestão dos recursos hídricos não apenas sob a ótica da água que flui pelos rios, mas também, na relação intrínseca entre a preservação dos elementos do ambiente,

como solo, vegetação entre outros, e na relação que estes exercem sobre a disponibilidade e qualidade da água de uma bacia hidrográfica.

Para a Federação da Agricultura e Pecuário-FAEMG (2008) a principal vantagem da adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento reside na facilidade de obter informações sobre sua área, uma vez que os limites de uma bacia são facilmente identificáveis. Facilitando, por conseguinte, o planejamento das ações a serem desenvolvidas.

Conhecer o uso do solo de uma determinada bacia hidrográfica é indispensável para promover o manejo adequado do meio ambiente, além de proporcionar a mensuração e análise das degradações ambientais, que se façam presentes nesta área.

O estudo de Porto e Porto (2008) mostra que a bacia hidrográfica se configura como um recorte espacial importante para a análise ambiental, a fim de estabelecer um plano de gestão da mesma.

Para melhor gestão da bacia hidrográfica, Porto e Porto (2008) consideram que é necessário se obter informações rápidas, eficientes e repetitivas sobre suas características socioambientais.

Neste contexto, as geotecnologias assumem um papel singular, uma vez que as aplicações destas tecnologias propiciam a geração, armazenamento e divulgação, de forma eficiente e repetitiva, de informações.

Discutindo a aplicação das geotecnologias na análise de bacias hidrográficas, Pinto e Garcia (2005) afirmam que o forte sinergismo entre várias dessas tecnologias como o sensoriamento remoto e o geoprocessamento, com o suporte de modelos, permite desenvolver procedimentos de análise e síntese, tanto

para avaliações diagnósticas como prognósticas.

Os autores supracitados expressam categoricamente que a avaliação de processos em bacias hidrográficas, em seus diferentes aspectos temáticos, tem se beneficiado do uso destas tecnologias, particularmente no manejo do solo e da água.

Por sua vez, essas informações permitem compreender a dinâmica ocupacional da superfície terrestre em tempo muito mais hábil do que metodologias convencionais. Essas vantagens no uso das geotecnologias facilitam o gerenciamento da superfície da terra, bem como dos recursos naturais nela contidos. Dessa forma, o sensoriamento remoto e o Sistema de Informações Geográficas – SIG podem contribuir decisivamente para o monitoramento, simulação e apontar soluções ao analisar diferentes componentes do uso dos recursos hídricos.

Este trabalho buscou compreender, através da utilização do sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas, as analogias entre a ocupação do solo/utilização da água, no alto Riachão (norte de Minas Gerais), e as relações de conflitos emanadas desta realidade.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

No intuito de atingir os objetivos propostos nessa pesquisa foi necessário definir um procedimento operacional, no qual se fez necessário o uso de materiais cartográficos que permitiram obter os resultados disponíveis nesse trabalho. Foram utilizadas as cartas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na escala de 1/100.000 correspondente ao dobramento das folhas SE-X-23-A-II, SE-X-23-A-III, SE-X-23-A-V e SE-X-23-A-VI; imagem de satélite Landsat 7, sensor ETM+, Órbita/Ponto

218/72, no formato digital maio de 2003, imagem de radar SRTM, modelo digital de elevação, cena SE-23-X-A, com 90 metros de resolução espacial, além das cartas de solos, geologia, relevo e vegetação da mesorregião geográfica do norte de Minas Gerais, elaboradas a partir do levantamento exploratório por Jacomine *et al.* (1979), na escala 1/500.000.

Para delimitação da bacia hidrográfica do rio Riachão e sua divisão em alto, médio e baixo foi usada a metodologia proposta por Gomes e Lobão (2009). Neste método, a base dos dados de altimetria é extraída do modelo digital de elevação SRTM. O procedimento operacional para construção dos vetores de delimitação e divisão da bacia em estudo foi realizado no software Spring 4.2.

Para a conversão dos materiais cartográficos em meio analógico para o ambiente computacional utilizou-se um scanner e, a partir daí a base cartográfica foi vetorizada utilizando-se o software AutoCAD Map 2000 e, nas etapas consecutivas, os vetores de solo, geologia, relevo e vegetação foram usadas para a geração dos mapas temáticos da área de estudo, como exposto na figura 3.

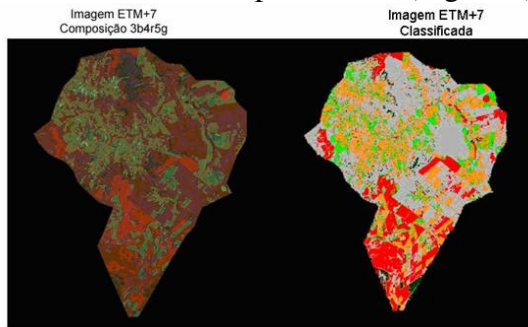
Posteriormente, o limite do alto Riachão foi sobreposto aos arquivos de interesse (imagem Landsat), a fim de efetuar o recorte espacial da área de estudo na imagem Landsat 7 ETM+ e elaborar o mapa de cobertura vegetal e uso do solo do alto Riachão.

A elaboração do mapa de uso do solo da área de estudo foi elaborada a partir da imagem Landsat 7, na qual a proposta metodológica utilizada foi a chave de interpretação visual de imagens, proposto por Brito (2004) que consiste na interpretação visual preliminar, trabalho de campo da verificação preliminar e interpretação final, o que subsidiará o processamento digital da imagem. Seguindo essa proposta foram escolhidas



as classes temáticas para a geração do mapa de uso do solo neste trabalho, sendo estas: Reflorestamento, Vegetação Natural, Agricultura, Pastagem e Solo Exposto.

A imagem foi classificada obedecendo aos classificadores “pixel a pixel”, método da máxima verossimilhança (MAXVER), que utiliza parâmetros estatísticos para ponderar as distâncias entre as médias dos níveis digitais das classes e considerar a distribuição de probabilidade para cada classe mapeada. O resultado obtido foi um mapa temático o qual se diferencia da imagem por conter as classes temáticas especificadas (Figura 1).



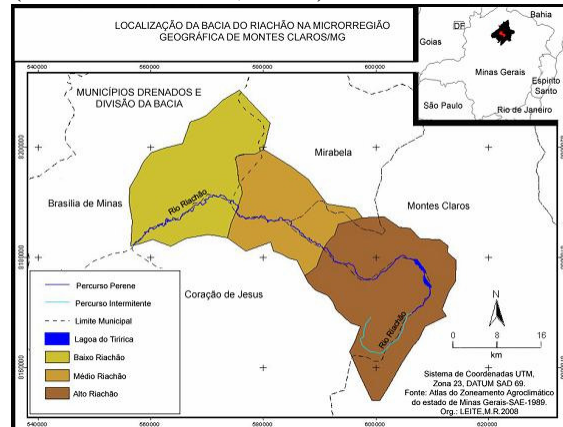
**Figura 1-** Comparação entre imagens Landsat 7 ETM+ (composição de falsa cor 3b4r5g) com a imagem classificada do alto Riachão.

Por último, os dados obtidos no software Spring foram exportados para o software ArcView 3.2, no qual foram cruzados, obtendo o mapa de uso do solo e os valores de área de classe de uso no alto Riachão, permitindo compreender qualitativamente e quantitativamente a ocupação desta parte da bacia.

## 2.1. Localização e caracterização da área de estudo

Localizada na mesorregião do norte de Minas Gerais, mais precisamente na microrregião geográfica de Montes Claros, entre as coordenadas 43°55'11" e 44°28'47" de longitude oeste e entre as coordenadas 16°11'11" e 16°41'34" de latitude sul, (ver figura 2) A bacia hidrográfica do rio Riachão, o qual é

afluente da margem direita do rio Pacuí e subafluente do rio São Francisco, ocupa uma área de 86.090 ha, drenando os municípios de Montes Claros, Coração de Jesus, Mirabela e Brasília de Minas (Afonso e Pereira, 2005).



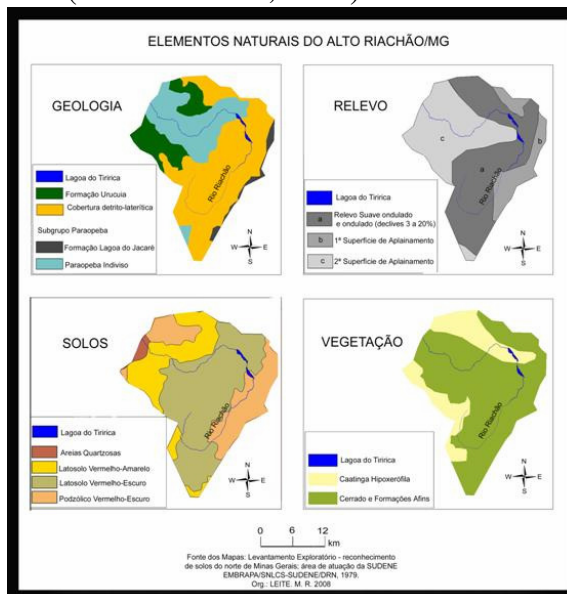
**Figura 2**–Localização, divisão e municípios drenados pela bacia do Riachão. Org.: Leite, 2008.

O foco deste trabalho se limita ao alto riachão, o qual está localizado entre as coordenadas 43°55'11" e 44°08'40" de longitude oeste e entre as coordenadas 16°22'20" de latitude sul, ocupando uma área de 49600 ha, perfazendo um total de 57.6% da bacia.

Com base na figura 2, geologicamente o alto Riachão pertence ao supergrupo São Francisco que reúne o grupo Bambuí e Macaúbas. Contudo, nesta área, evidencia-se apenas a presença do grupo Bambuí através do subgrupo Paraopeba formação Lagoa do Jacaré contendo calcário, siltito e marga e o subgrupo Paraopeba indiviso contendo rochas carbonáticas e sedimento siliciclástico. Nota-se, ainda, a presença da formação Urucuia, de idade cretácea, através da presença de arenitos conglomerados e, em sua maior parte, a área do alto Riachão, encontra-se recoberta por coberturas detrito-lateríticas (Jacomine *et al.* 1979).

Quanto ao relevo da área, a figura 3 mostra que este se constitui de basicamente duas unidades, cujas cotas

altimétricas variam entre 860 a 950 m, as superfícies de aplainamento de níveis elevados referentes aos planaltos do São Francisco com relevo plano e suave ondulado – declives de 0 a 8% –; caracterizando a 1ª superfície de aplainamento têm-se as superfícies tabulares que se destacam como primeiro nível de erosão constituindo-se na plataforma cimeira das chapadas e a 2ª superfície de aplainamento representando o segundo nível de erosão das chapadas marcada pela presença de vales ricos em solos eutróficos e as encostas e desníveis de planaltos marcado pelo relevo suave ondulado e ondulado – declives de 3 a 20% (Jacomine *et al.*, 1979).



**Figura 3** – Elementos Naturais do Alto Riachão/MG (geologia, relevo, solos e vegetação). Fonte: Jacomine *et al.*, 1979. Org.: Leite, 2008.

No tocante aos solos, quatro são os tipos mais marcantes na área, as Areias Quartzosas (AQ) que se apresenta como uma pequena mancha na porção NO do alto riachão, o Latossolo Vermelho-Amarelo (LV) e o Latossolo Vermelho-Escuro (LE) e o Podzólico Vermelho-Escuro (Jacomine *et al.*, 1979) (Figura 3).

A figura 03 ilustra a distribuição da vegetação da área estudada, na qual prevalece o cerrado e suas formações afins,

isto é, o cerrado propriamente dito, o campo cerrado e o cerradão, a diferença básica entre eles reside na maior ou na menor presença de indivíduos com porte arbóreo ou arbustivo, as espécies mais comuns são, “Pequi” *Caryocar*, “Tingi” *Magonia*, “Pau-d’óleo” *Copaifera langsonifii*, “Lixeira” *Curatela americana* entre outros. Existe ainda, a presença significativa da Caatinga hipoxerófila com um estrato arbóreo que raramente ultrapassa os 5 metros de altura, associados, principalmente, com a ocorrência de Areias Quartzosas e Latossolo Vermelho-Amarelo presentes nesta área; as espécies mais comuns são, “Embiruçu” *Bombax*, “Catingueira” *Caesalpinia pyramidales*, “Angiquinho” *Acácia* entre outras. (Jacomine *et al.*, 1979)

O clima da microrregião é do tipo subúmido, no qual a concentração de chuvas ocorre nos meses de novembro a janeiro, período em que a umidade pode atingir valores da ordem de 76,3%. A média anual de precipitação total oscila entre 800 e 1200 mm e a média anual da evapotranspiração 1097,0 mm. A variação do regime térmico apresenta uma oscilação suave, por se tratar de uma região subtropical cujos valores médios anuais variam entre 19,4 e 24,4°C sendo o período mais quente compreendido entre os meses de outubro e janeiro e o mais frio de Junho a Julho. (Nimer; Brandão, 1989).

Os estudos de Afonso e Pereira (2005), sobre a área em questão, demonstram que 2.291 famílias vivem na bacia do Riachão, na qual 420 apenas no alto Riachão, totalizando 18,33% das famílias desta microbacia, dados que evidenciam uma grande concentração de famílias nas demais divisões da bacia e uma concentração de terras no alto curso do Riachão. As autoras destacam, ainda que, a referida área é intensamente cultivada com culturas de arroz, milho,

feijão, cana-de-açúcar mandioca e hortifrutigranjeiros, sendo estas culturas de sequeiro, mas ocorrem ainda, centenas de irrigação por gravidade, aspersão, além do abastecimento humano e a dessendentalização de animais.

Deve-se salientar que, o potencial hídrico do Riachão, sobretudo, nas suas cabeceiras, vem sendo comprometido desde 1960, com o desmatamento das suas matas ciliares para a produção de carvão, realidade que acarreta em demasia o assoreamento do Riachão e de seus afluentes, a utilização incorreta de agrotóxicos, a monocultura de eucalipto, e a irrigação por pivô central também são fatores que atuam no comprometimento do potencial hídrico da bacia do Riachão. (Afonso; Pereira, 2005).

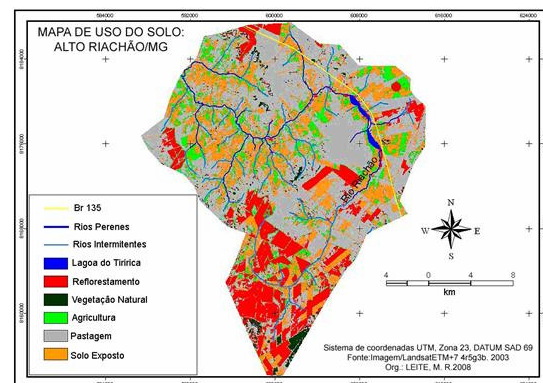
Neste contexto, a bacia do Riachão vem sendo “palco” de disputas entre irrigantes e agricultores familiares pelo uso da água que, consoante o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM, 2008), está diretamente ligada ao uso do solo, principalmente, nas imediações da lagoa do Tiririca, ou seja, no alto Riachão, já que esta área é intensamente cultivada com culturas de cana, para a produção de cachaça e capim para a produção de semente, além da presença de eucalipto e da irrigação por pivô central. Para o órgão supracitado esta realidade prejudica, diretamente, 179 pequenos agricultores presentes nesta área e, sobretudo, compromete o equilíbrio ambiental de uma área naturalmente frágil e estratégica para a região na qual está inserida.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As informações geradas a partir do uso das geotecnologias, para a realização deste trabalho, tiveram como produto final o mapa de uso do solo do alto Riachão

(Figura 4) o qual possibilitou, além do mapeamento e da leitura visual das classes temáticas analisadas, os valores representativos necessários para a análise proposta por este trabalho.

O impacto visual causado pelas áreas de reflorestamento representam, em termos numéricos 20% da área total do alto Riachão, ou ainda, 9.920 hectares, esta realidade evidencia um quadro notório de substituição da flora nativa pela qual vem passando a região norte mineira, e, sobretudo, em áreas de chapadas (áreas de recarga hídrica), além de propiciar a especulação referente a pressão econômica pela qual os pequenos produtores passam na referida área.



**Figura 4** – Uso do Solo no Alto Riachão. Fonte: Leite, 2008.

A agricultura presente nesta área engloba várias culturas, como culturas de arroz, milho, feijão, cana-de-açúcar mandioca e hortifrutigranjeiros, representando suas somatórias, o total de 8,5%, 4.216 hectares, da área em estudo, dentre os argumentos de Afonso e Pereira (2005) as centenas de irrigações, inclusive por pivô central, atuantes na área é o principal motivo, apontado pelos pequenos agricultores, para a diminuição da vazão do rio nos períodos de estiagem, alimentando, assim, um clima de conflito entre irrigantes e pequenos proprietários à jusante da área.

A produção de sementes de capim e a retirada da vegetação nativa para a

produção de carvão, engendram a possibilidade de produção de pastos, na área em foco, que somam um total de 44% ou ainda 21.824 hectares, a pecuária extensiva também se faz presente na área; tal realidade além de promover a retirada da vegetação nativa possibilita a degradação do solo, uma vez que o pisoteio do gado bovino causa a compactação deste e dificulta a percolação da água propiciando o carrilhamento da parte superficial do solo potencializando os processos erosivos. Aliás, esta é uma situação muito comum, principalmente, nas encostas dos morros e bordas de chapadas no alto Riachão.

A presença de solo exposto é expressiva na área 25% (12.400 hectares), esta situação denuncia três realidades diferentes, a primeira está ligada aos processos erosivos advindos do desgaste do solo em áreas de pastagem altamente degradada presentes, principalmente, nas depressões longitudinais, a segunda pela grande quantidade de área sendo preparado para o cultivo de eucalipto e da agricultura, a terceira esta ligada ao desmatamento, o qual empobrece e retira a vegetação natural deixando-a vulnerável as ações do escoamento superficial que progressivamente agrava o quadro erosivo pelo qual a área do alto Riachão está submetida.

No tocante ao valor representativo da vegetação natural de 2.5%, ou 1.240 hectares da área, ratifica-se a somatória de todas as argumentações anteriores numa perspectiva fatídica, isto é, uma inexpressiva parcela dessa área permanece preservada em detrimento do uso indiscriminado do solo para produção agropecuária, conseqüentemente, formas de degradação ambiental surgem como resultado da busca por maximização de produtividade. Essa situação é, mais uma vez, demonstrada através da apresentação da figura 5.



**Figura 5** - Proporção por categoria de uso do solo no alto Riachão. Fonte: Leite, 2008.

Estas informações sobre a intensa utilização do alto Riachão para atividades que vêm promovendo agressões ao espaço natural, permitem concluir que a forma do uso do solo que ocorre nessa área exerce grande interferência na disponibilidade de recursos hídricos em toda a bacia do Riachão, haja vista que o uso intenso da água para irrigação, bem como a retirada da vegetação natural para o plantio compromete o volume de água a jusante dessa bacia. Em virtude dessa situação, relações conflituosas entre os irrigantes e os pequenos produtores são potencializadas.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do uso do solo de uma determinada área evidencia a forma desigual de apropriação do mesmo, bem como demonstra o estágio de degradação ambiental. Nessa perspectiva, as características naturais de uma área podem agravar tanto a situação ambiental, quanto o conflito social entre grupos que usufruem dos recursos naturais desse espaço. Dessa forma, correlacionar os aspectos ambientais do uso do solo com os seus conseqüentes conflitos socioeconômicos é uma forma de pensar a questão ambiental, também, como um problema social.



No caso discutido neste trabalho, a parte alta da bacia do Riachão, a relação entre o social e o ambiental é intrínseca, tendo em vista que essa área é a principal responsável pelo volume de água do rio Riachão, que abastece os pequenos produtores das partes média e baixa dessa bacia. Logo, a forma do uso do solo na parte alta determina a disponibilidade de água para as outras áreas dessa bacia.

De acordo com o que foi apresentado nos resultados, através do mapa de uso do solo, pode-se afirmar que não há preocupação com a sustentabilidade desse curso da água, por parte dos grandes produtores que estão no alto Riachão, uma vez que os mesmos usam 97.5% dessa área para agropecuária, silvicultura e para preparo do solo (solo exposto), essa situação interfere não apenas nas condições ambientais dessa bacia, mas, também, na produção dos agricultores familiares que estão à jusante do Riachão, o que poderá implicar na desestruturação econômica dessas pessoas, tornando, essa relação de uso dos recursos hídricos num conflito social.

Frente a essa ilação apresentada, pode-se concluir que os dados e informações fornecidos pelas geotecnologias, possibilitam compreender a forma de relação socioambiental dos ocupantes de uma bacia hidrográfica. Portanto, as técnicas que compõem as geotecnologias podem e devem ser usadas para ordenar o uso dos recursos naturais de uma área de forma mais justa.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais – FAPEMIG – pela bolsa doutoramento e pelas duas bolsas do Programa de Iniciação Científica - PROBIC.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Afonso, P. C. S.; Pereira, A. M. A. 2005. Questão da água na bacia do Riachão (MG): Uso e Gestão. Revista Cerrados. Montes Claros: Universidade Estadual de Montes Claros/ Departamento de geociências. v.3. n. 1. 115p. p. 75-86.

Brito, J. L. B. 2004. Adequação das potencialidades do uso da terra na bacia do Ribeirão Bom Jardim no Triângulo Mineiro (MG): ensaio de geoprocessamento. In Lima, S. do C.; Santos, R. J. (org.) Gestão ambiental da Bacia do Araguari: rumo ao desenvolvimento sustentável. Uberlândia: Instituto de geografia, CNPQ. 221p. p.45-68.

Gomes T. S. Lobão J. S. B. 2009. Delimitação de sub-bacias a partir do uso de imagem SRTM/NASA: um estudo da Bacia do Rio Jacuípe-BA. Anais... XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal, Brasil, 25-30, INPE, p. 3841-3848.

Guerra, A. T.; Guerra, A. J. T. 2001. Novo dicionário geológico-geomorfológico. 2ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 652p.

Jacomine, P. K. T. et al. 1979. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Norte de Minas Gerais (área de atuação da SUDENE). Recife: EMBRAPA-SUDENE, 408p.

Leite, M. R. 2008. Mapeamento do uso do solo na bacia do rio Riachão/MG. Montes Claros: Universidade Estadual de Montes Claros, p.85. (relatório final de pesquisa).

Meadows, D. *et al.* 1973. Os limites do crescimento. Tradução da Comissão Nacional do Ambiente. Lisboa: Publicações Dom Quixote.

Mendes, C. A. B.; Cirilo, J. A. , 2001. Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios, integração e aplicação. Porto Alegre: ABRH. 536p.

Nimer, E; Brandão, A. M. P. M. , 1999. Balanço Hídrico e clima da região de Cerrado. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de recursos hídricos naturais e estudos ambientais.

Rebouças, A. da C. 2006. Água doce no mundo e no Brasil. In Rebouças, A. da C; Braga, B; Tundisi, J. G. (org.). Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3ed. São Paulo: Escrituras editora, 748p. p.1-35.



Rosa, R. 2003. Introdução ao sensoriamento remoto. 5 ed. Uberlândia: Editora da Universidade Federal de Uberlândia, 228p.

Salati, E; Lemos, H. M. de. 2006. Água e o desenvolvimento sustentável. In Rebouças, A. da C; Braga, B; Tundisi, J. G. (org.). Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3ed. São Paulo: Escrituras editora, 748p. p.37-62.

Porto, M. F. A.; Porto, R. La L. 2008. Gestão de bacias hidrográficas. Estudos Avançados. São Paulo. vol.22, n.63.

Totti, M. E. F.; Carvalho, A. M. de. 2005. Descentralização e gestão integrada de recursos hídricos: a experiência brasileira. Revista Cerrados. Montes Claros: Universidade Estadual de Montes Claros/ Departamento de geociências. v.3. n. 1. 115p. p. 75-86.

Tundisi, J. G. et al. 2006. Os recursos hídricos e o futuro: síntese. In Rebouças, A. da C. et al. (org.). Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3ed. São Paulo: Escrituras editora, 748p. p.37-62.

Pinto S. dos A. F.; Garcia G. J. 2005. Experiências de aplicação de geotecnologias e modelos na análise de bacias hidrográficas. Revista do Departamento de Geografia. São Paulo: USP, v.17, n.1, p.30-37.

#### **Sites consultados**

<onu-brasil.org.br>. Acesso: 01/05/2008.

<igam.mg.gov.br>. Acesso 03/05/2008.

<faemg.org.br>. Acesso 07/05/2008.

## **SEGREGAÇÃO SOCIOESPACIAL E AÇÕES DO PLANO DIRETOR NO BAIRRO MARIA EUGÊNIA E A ÁREA CENTRAL DE VIÇOSA, MG**

### **THE SOCIOESPATIAL SEGREGATION AND THE MASTER PLAN ACTIONS THE NEIGHBORHOOD MARIA EUGÊNIA AND THE CENTRAL AREA OF VIÇOSA, MG**

Nádia Menezes de Rodrigues  
nadiaufv@yahoo.com.br

#### **RESUMO**

Este trabalho proporciona um estudo sobre a segregação socioespacial na cidade de Viçosa, Minas Gerais. A área de estudo compreende a Avenida PH Rolfs (área central) e o bairro Maria Eugênia. No primeiro notamos intensa verticalização e especulação imobiliária, além da boa infraestrutura e acesso a serviços, no segundo notamos uma precariedade social. Utilizamos como metodologia, a avaliação de fontes documentais diretas através de uma revisão bibliográfica geral de diversos autores que abordam o processo de produção do espaço e a formação da segregação socioespacial urbana, assim como à aferição de bibliografia específica de livros, artigos, jornais, revistas, dissertações de mestrado e teses de doutorado voltados especificamente à cidade de Viçosa. Através da aplicação de questionários entrevistamos promotores imobiliários, segmentos sociais de baixa renda, o Instituto de Planejamento Urbano de Viçosa e o professor Geraldo Browne Ribeiro Filho da Universidade Federal de Viçosa. Além da utilização de Sistema de Informações de Geográficas (SIG) e tabulação no Excel. Conclui-se que a cidade se encontra muito dividida e com intensos contrastes o que demanda melhores ajustes nas relações entre a universidade e a prefeitura, no sentido da elaboração e da realização de formas de intervenção urbanística e sócio-ambientalmente mais adequadas e desejáveis ao melhor desenvolvimento da cidade.

**Palavras Chaves:** segregação socioespacial, geografia urbana, plano diretor, Viçosa (MG)

#### **ABSTRACT**

This work provides a study on the sociospatial segregation in the city of Viçosa in Minas Gerais. The central area, more specifically the PH Rolfs Avenue, and the neighborhood Maria Eugenia were used as intra-urban clippings. In the first case, we have noticed an intense vertical and speculation, as well as good infrastructure and access to services. In the second neighborhood, we have noticed a social precariousness. As scientific knowledge we have used as methodology, the evaluation of direct documentary sources through a general literature review of many authors who approach the space production process and the formation of urban socio-spatial segregation, as well as the review of specific books, articles, newspapers, magazines, dissertations and doctoral theses that aimed specifically the city of Viçosa. Through questionnaires, we interviewed property developers, low-income social groups, the Urban Planning Institute of Viçosa and Professor Geraldo Browne Ribeiro Filho the UFV. Besides using the mapping done by the program of Geographical Information System (GIS), tabulation made in the Excel. It is concluded that the city is divided and with intense contrasts that demand better adjustments in the relationship between the university and the city, concerned to indicate the development and implementation of urban intervention forms, social and environmentally appropriated and desirable to a better development of the city and its urban life.

**Keywords:** socio-spatial segregation, urban geography, Viçosa (MG)

## 1. INTRODUÇÃO

Neste artigo, foi estudado a organização do espaço urbano e o processo de segregação socioespacial no município de Viçosa, Minas Gerais, no período de 1996 a 2005.

A segregação socioespacial para Roma (2008) é um processo resulta de diferenciações, afastamento e isolamento entre moradores e frequentadores de diferentes áreas da cidade. Essa separação socioespacial da população é fruto da distribuição da função residencial nas cidades que, na maioria das vezes, é determinada fortemente, embora não só, pelas políticas públicas realizadas no âmbito municipal.

A importância de se estudar este processo para Hughes (2004) se deve ao fato de que nas cidades ele está estreitamente relacionados com a precarização do mercado de trabalho e o desemprego, que afetam mais que proporcionalmente as camadas mais pobres, menos escolarizadas e que tiveram menos meios de resistir àquilo que se pode denominar de diáspora da classe trabalhadora. Este processo, associado à dinâmica especulativa de valorização do solo urbano e aos sentidos do investimento do capital imobiliário, incide sobre as condições e opções de moradia da população.

A segregação é tão importante no contexto urbano, que internacionalmente temos exemplo deste estudo: Lee (*apud* SOBARZO MIÑO, 1999), analisa Cingapura, Salgueiro (*apud* SOBARZO MIÑO, 1999), analisa o caso de Lisboa e na França, há o estudo de Sobarzo Miño (1999).

Conforme Souza (2003), a cidade é um local em que se produzem, comercializam e consomem bens, em que as pessoas trabalham, se organizam

e interagem de acordo com interesses e valores diferenciados, o que forma grau de afinidade e de interesses com base nos recursos cobiçados e o espaço.

Esta caracterização permite-nos identificar a cidade de Viçosa nesta condição, destacando que estes grupos de afinidades e interesses, como os donos de imobiliária e, em outro padrão, a população carente da cidade, constituem um dos fatores centrais nesta pesquisa.

Assim, abordaremos ao longo do artigo a atuação e a influência dos agentes modeladores do espaço urbano, em especial o mercado imobiliário no que afeta às formas de organização da cidade, que se mostra descontínua, instável e multipolarizada, ou seja, pressionada pelos diferentes níveis de decisão (Santos, 1979).

Para Piquet (1998), a imobiliária atua como uma empresa capitalista, pois retém terrenos no centro e constrói loteamentos distantes para a moradia das populações mais carentes, moradia que futuramente poderá passar para outras mãos devido aos processos de valorização da terra.

Para Milton Santos (1979), no espaço dos países subdesenvolvidos há diferenças na renda da sociedade, que revelam, ao nível regional, a hierarquização das atividades no espaço. Neste sentido, percebemos claramente esta hierarquização no caso de Viçosa, pois de um lado, há uma concentração de bens e serviços nos locais mais privilegiados, como por exemplo, o centro, e, por outro, as periferias pobres, que em grande medida, são precariamente dotadas de tais atividades, e mesmo desprovidas delas.

O processo de produção desse espaço é fruto de contradições, já que nele estão envolvidos interesses contraditórios e conflitantes do capital. Assim, a localização dessas atividades



afetou diretamente o padrão de vida das classes sociais.

Desses modo, é possível perceber claramente que o território condiciona a localização dos atores, pois determina a incorporação de técnicas do solo, como rodovias, objetos técnicos ligados à produção, veículos, insumos técnico-científicos (como, por exemplo, a propaganda). À medida que tais recursos mostram-se alienados no território, corroborando com a especialização do trabalho nos lugares, produzem-se desta forma, o que Milton Santos e Silveira (2000) designam de “regiões do mandar” e “regiões do fazer”. São essas dicotomias que geram a segregação socioespacial.

Érika Pereira (2006) retrata os bairros Arduíno Bolívar e São José, localizados na periferia de Viçosa, ambos formados por uma população que migraram de outras cidades em busca de melhores qualidades de vida e da casa própria. Os dois bairros foram loteados sem implementação de uma eficiente infraestrutura e apesar de já possuírem trinta anos de sua criação, não possuem boa rede de drenagem, ausência de escolas e atendimento médico precário.

A segregação socioespacial e as desigualdades econômicas em Viçosa causam ocupações desordenadas e levam aos impactos ambientais, como podemos perceber em Carneiro e Faria (2005) que afirma que o processo de ocupação em Viçosa, vem se caracterizando por não obedecer a qualquer critério de planejamento, ocorrendo de forma desordenada, levando em conta apenas interesses financeiros e imediatistas, o que impulsiona a ocupação de áreas inadequadas para urbanização por parte dos mais carentes e gera os impactos sociambientais no sistema urbano.

Sabemos que essa forma “desordenada” do espaço revela, na

verdade, mais propriamente uma ordenação do capital, na qual o valor de troca da mercadoria vem adquirindo proeminência em relação ao valor de uso do/no espaço, o que estabelece um conflito permanente, que adquiriu projeção socioespacial, efetiva, concreta.

Segundo Vialli (2006), esse processo de urbanização da cidade de Viçosa se baseia em uma apropriação do espaço que dá prioridade aos fatores econômicos, o que leva à luta de classes, desigualdades e segregação. Ganha evidência um processo bastante diferenciado de valorização da terra urbana, o que consolida pronunciadas desigualdades socioespaciais que marcam a configuração territorial da cidade.

A importância de se estudar o espaço urbano de Viçosa deve-se, em grande medida, ao fato deste se mostrar bastante dinâmico e com transformações sensíveis na sua estrutura, revelando, assim, um efetivo recrudescimento da produção de um espaço desigual e segregado, no qual a população pobre é obrigada a ocupar áreas impróprias para a sua habitação. Além do fato da cidade revelar uma contundente segregação socioespacial e, desse modo, revelando má distribuição de renda, o que leva a população carente para locais impróprios, bastante inadequados para ocupação humana (Mello, 2006). O recorte espacial foi o centro, mais especificamente a Avenida P.H. Rolfs, que revela alta verticalização e disponibilidade de serviços; e o bairro Maria Eugênia, que apresenta uma forma de urbanização marcada pela precariedade na infraestrutura e social, com ocorrência de ocupação nas encostas. O desvendamento desta condição poderá inclusive subsidiar novos estudos sobre a cidade como melhoria nas políticas públicas. O recorte

temporal para a abordagem do tema compreende o período entre 1996 a 2005. Este se justifica em função do alto crescimento da cidade registrado nestes anos (Plano Diretor ,2000). Além do grande número de aprovações de licitações de construções na cidade, por ser anterior ao Plano Diretor (2000) e de sua revisão (2010). Cumpre observar que há poucos estudos específicos sobre este tema em Viçosa, dentre os quais merece registro a dissertação de mestrado de Ribeiro Filho (1997). Dentre outros, o trabalho de Carneiro (2005), Vialli ((2006) e Antunes (2006).

A expulsão das populações carentes para locais desprivilegiados quanto a infraestruturas e serviços sociais básicos, como o caso das encostas de morros –situação de uso do solo comum em Viçosa- acontece principalmente devido à valorização da terra na cidade, conduzindo ao aumento dos preços de lotes, apartamentos e casas em áreas privilegiadas, frequentemente reservadas para a moradia de segmentos de maior poder aquisitivo.

Os altos preços contrastam enormemente com as condições infraestruturais da cidade, cidade que expõe problemas cada vez maiores de circulação, de habitação (sobretudo para segmentos de menor poder aquisitivo), assim como o aumento progressivo da violência urbana.

Entretanto, a compreensão mais ampla do processo de formação da cidade implica em que se leve em consideração a atuação do Estado neste processo, pois ele é decisivo nas conformações assumidas pela cidade e nas suas próprias funções, repercutindo, assim, no processo de reprodução social e na vida cotidiana da urbe. Moraes e Costa (1987) assinalam que o Estado é uma instituição política não só da sociedade, mas do espaço dessa

sociedade, o que contribui para agregar volume de trabalho ao espaço e construção de formas mais duráveis, promovendo dessa forma a expansão do espaço urbano.

Segundo Ribeiro Filho (1997) o Estado deveria exercer a função mediadora nos conflitos gerados entre os segmentos sociais. Contudo, ele acaba desempenhando um importante papel na forma desigual do uso do solo, uma vez que é o agente responsável pela edição das normas urbanísticas. Sua atuação torna-se essencialmente pautada pelos interesses dos agentes produtores do espaço urbano, neste caso o mercado imobiliário.

Como objetivo geral pretende-se analisar o processo contraditório de produção do espaço urbano de Viçosa e os usos “alienados”.

E como objetivos específicos: a)Analisar o processo de segregação sócio-espacial da cidade de Viçosa e suas implicações na vida cotidiana; b)estudar as influências e o papel dos agentes modeladores na produção do espaço urbano de Viçosa; c)analisar o uso e a aplicação das leis urbanísticas como um instrumento de atendimento de interesses sócio-espaciais no município; d)Avaliar as condições sócio-espaciais de lugares e bairros da cidade sob a influência da má distribuição de renda e da ação da especulação imobiliária.

## 2.MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas fontes documentais diretas e através de uma revisão bibliográfica geral de diversos autores que abordam o processo de produção do espaço e a formação da segregação sócioespacial urbana, assim como à aferição de bibliografia específica de livros, artigos, jornais, revistas, dissertações de mestrado e teses

de doutorado voltados especificamente à cidade de Viçosa como Vialli (2006), Carneiro e Faria (2005), Antunes (2006) e Mello (2006).

Para a aplicação do questionário aos representantes de imobiliárias, selecionamos cinco destas, que são consideradas pelo Plano Diretor, podem ser consideradas as mais representativas na cidade, como a VHD imobiliária, Imobiliária Pimentel, Imobiliária Habitar, Imobiliária Chequer e Imobiliária Lélis. A área de estudo foi o centro, delimitando o setor da Avenida P.H. Rolfs e o bairro Maria Eugênia.

A aplicação do questionário foi executada de forma qualitativa, totalizando trinta entrevistas aos moradores dos bairros citados e através de escolha aleatória de pessoas de diferentes extratos sociais, envolvendo perguntas abertas sem indução de resultados. Foram realizadas 600 entrevistas no bairro Maria Eugênia e 1000 entrevistas na área central, com faixa etária entre 20 e 70 anos.

Além das entrevistas aos donos de imobiliárias e aos moradores dos bairros, foram entrevistados o Instituto de Planejamento Municipal de Viçosa (IPLAM), com o objetivo de anotar os anos de maiores licitações, bem como as causas e consequências de sua substituição pelo Instituto de Planejamento Urbano de Viçosa (IPUV).

Outro método aplicado foi entrevista ao professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Geraldo Browne Ribeiro Filho, com temas que abordam a segregação socioespacial na cidade, a especulação imobiliária e a influência da Universidade Federal de Viçosa neste processo.

Assim, os grupos pesquisados serão compostos, de um lado, por donos de imobiliárias e, de outro, por populações carentes e mais favorecidas

de alguns bairros aleatoriamente escolhidos das duas regiões, enumerando-se as características comuns entre suas populações como sexo, faixa etária, organização e condição social.

Analisando as respostas, foi elaborado um panorama do processo de segregação socioespacial na cidade, buscando-se identificar suas causas fundamentais e implicações na vida cotidiana da cidade. Vale lembrar que tal processo é agravado pela forma de uso desregrada do espaço por parte dos agentes imobiliários, que impõe os locais a serem ocupados pela população carente, as quais sem alternativas, se vêem compelidas à ocupar, principalmente, encostas de morros e fundos de vale precariamente dotadas de infraestruturas básicas, engendrando impactos socioambientais empiricamente percebidos na cidade, tais como a poluição de córregos, ampla deposição de lixo, erosão do solo, ocupações em áreas de preservação permanente, etc.

Através da análise dos documentos existentes na Prefeitura Municipal de Viçosa e no Instituto de Planejamento Municipal (IPLAM) e através do Plano Diretor e a Lei Orgânica, pretende-se perceber as transformações recentes na legislação para o beneficiamento do aumento de licitações de construções e quais os locais mais privilegiados pelos agentes, o que conseqüentemente agrava o processo de segregação.

### 3.RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em 2000, surge o Plano Diretor de Viçosa, para melhorar as condições da cidade e fazer com que o espaço urbano seja gerido de forma a buscar melhores condições de vida aos seus habitantes. A situação socioambiental da cidade de

Viçosa mostra que os órgãos do planejamento municipal estão com dificuldades para atuar eficientemente.

Ao analisarmos o Plano Diretor do município de Viçosa (2000), notamos que se considera como uso do solo: o residencial, utilizado para a ocupação de moradores; o comercial e de serviços, em que se localizam comércios varejistas, atacadistas e prestação de serviços; o institucional, voltado para áreas como saúde e cultura; o industrial, que é considerado como aquele que faz a transformação de gêneros primários em fase final para o consumo humano; o especial, que pode corresponder usos que possam prejudicar a salubridade ou trazer riscos a integridade física dos municípios; a mista, em que pode haver dois ou mais tipos de usos diferenciados; e o agrário, aquele que seria voltado para a extração da matéria-prima.

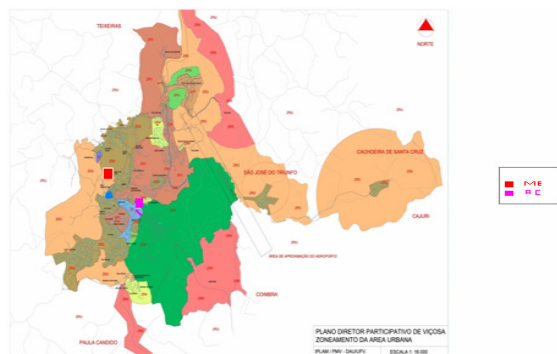
Os usos são classificados em dois grupos: *permitidos* (que são compatíveis com a destinação da zona); e *não permitidos* (incompatíveis com a destinação da zona); e tolerados (em que a área não pode sofrer alterações que prejudiquem o local).

Na ótica do Plano Diretor (2000, artigo 197), consideram-se como áreas não edificantes terrenos situados ao longo das águas correntes, com distâncias nunca inferiores a 30 metros da margem e ao longo da malha ferroviária com 15 metros, contados a partir da borda externa dos trilhos. Contudo, no artigo 202, o coeficiente de aproveitamento - que é o grau que multiplicado pela área do lote determina as áreas máximas e mínimas possíveis a serem edificadas em cada lote - aumenta em 40% para áreas situadas ao longo das águas correntes, em 5% ao longo de esgoto sanitário e galerias de águas pluviais, e em 20% ao longo da malha ferroviária. O mesmo artigo estabelece,

ainda, um afastamento mínimo de um metro e cinquenta centímetros para edificações de um e dois pavimentos, de dois metros para edificações de três e quatro pavimentos, de três metros para edificações de sete e oito pavimentos, de três metros e vinte e cinco centímetros para cada pavimento acima de oito andares. Assim, deduzimos que a lei reduz as possibilidades de construções, porém, através do coeficiente de aproveitamento e de afastamento mínimo, dá-se um incentivo maior às verticalizações na cidade, pois quanto mais pavimentos, menor o índice de afastamento mínimo.

A figura 1 mostra o macrozoneamento do Plano diretor de Viçosa, como aconteceu a divisão das Zonas Residenciais (ZR): a ZR1 (área residencial e de adensamento controlado, com coeficiente de aproveitamento máximo de dois inteiros e seis décimos; e mínimo de um décimo, com taxa de ocupação de 60%); a ZR2 (área residencial e de restrição à verticalização e ao adensamento, com coeficiente de aproveitamento máximo de dois inteiros; e mínimo de um décimo, com taxa de ocupação de 60%); a ZR3 (de uso residencial e com área construída máxima de 360 metros quadrados, com coeficiente de aproveitamento máximo de um inteiro e cinco décimos; e mínimo de um décimo, com taxa de ocupação de 50%); a ZR4 (área residencial com restrição à verticalização, com coeficiente de aproveitamento máximo de um inteiro e dois décimos; e mínimo de um décimo, com taxa de ocupação de 60%, contudo para condomínios horizontais fechados, como o Parque do Ipê, Monte Verde, Teotônio Pacheco, Recanto da Serra e Bosque do Acamari, serão regularizados por suas normas e convenções particulares); a ZR5 (área de expansão urbana, com predominância

para uso residencial, tendo coeficiente de aproveitamento máximo de vinte e cinco centésimos; e mínimo de cinco décimos, com taxa de ocupação de 60%); a Zona Central, ou ZC (área para usos mistos, com coeficiente de aproveitamento máximo de dois inteiros e seis décimos; e mínimo de dois décimos, com taxa de ocupação de 60%); e o Corredor Misto, voltado para usos residenciais e com intenso adensamento, tendo coeficiente de aproveitamento máximo de três inteiros, e mínimo de dois décimos, com taxa de ocupação de 60%) (Figura 2).

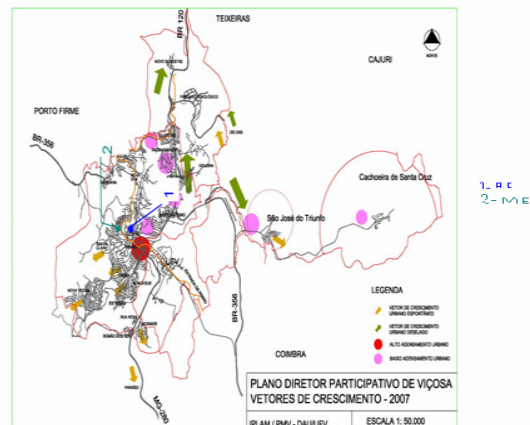


**Figura 1** - Legenda:sendo ME, representado pelo bairro Maria Eugênia, e AC, pela área central. Zoneamento da área Urbana de Viçosa Modificado do Plano Diretor, 2000. **Plano Diretor do município de Viçosa.** Projeto de lei Nº/2000. <vicosa.mg.gov.br> .Acessado em 12/03/2008.

Como podemos notar no mapa de macrozoneamento, o incentivo aos maiores coeficientes de aproveitamento e de verticalização corresponde às áreas centrais e suas imediações; já para os condomínios fechados há restrições à verticalização e ainda pode-se regularizar de acordo com as regras particulares do local. O que demonstra a tendência de aumento de prédios no centro e a auto-segregação para bairros privilegiados da cidade, como Parque do Ipê, Acamari, entre outros.

Ao observar o mapa de vetor de crescimento do Plano Diretor(Figura 2)),

observa-se que o vetor de crescimento desejado se estende principalmente para a Avenida Castelo Branco e os bairros João Braz, Violeira, Silvestre e Novo Silvestre. Mas o vetor de crescimento espontâneo ocorre em toda a cidade em várias direções, entre elas o Acamari, Nova Viçosa, Santa Clara, Romão dos Reis, Paraíso. O alto adensamento se localiza nas áreas mais valorizadas da cidade, principalmente no Ramos e Centro, e conseqüentemente as áreas de menor adensamento coincidem, em sua maioria, com os vetores de crescimento desejado pelos agentes imobiliários.



**Figura 2** - Legenda: Sendo Ac, área central e ME Maria: Vetor de crescimento.Modificado do Plano Diretor, 2000 **Plano Diretor do município de Viçosa.** Projeto de lei Nº/2000. Disponível em: [www.vicosa.mg.gov.br](http://www.vicosa.mg.gov.br) .Acesso em: 12/03/2008.

Em relação aos mapas elaborados por órgãos ou instituições da cidade de Viçosa, há muitas dificuldades, cada setor como Departamento de Artes e Humanidades, Departamento de Arquitetura, Engenharia Civil, Instituto de Planejamento, elaboram de formas diferenciadas. Além disso, há deficiências para lei de criação de bairros e os limites acabam sendo um consenso e não fruto de estudos e mapeamentos. Estas foram as dificuldades para delimitar nos mapas de zoneamento e

vetor de crescimento das áreas de estudo (Figuras 3 e 4).



Figura 4 - Localização espacial do bairro Maria Eugênia, Viçosa (MG)



Figura 3 - Bairro Maria Eugênia, Viçosa (MG)

**Figura 3 e 4** - Localização e foto aérea do bairro Maria Eugênia Ocupações de encostas e legislação urbanística em Viçosa (MG). Fonte: (Carneiro e Faria, 2005).. Disponível em <ig.ufu/revista>. Acessado em 21/10/2008.

Em entrevista ao IPLAM, José Luís de Freitas, um dos elaboradores do Plano Diretor, afirma que a Prefeitura tem influência direta sobre as construções e a infra-estrutura da cidade, pois na esfera municipal, a mesma se ampara no Código de Obras, Código de Postura, Código Ambiental, Lei de Uso do Solo para legalizar a cidade. Contudo, segundo José Luís de Freitas as leis não contribuem para a questão ambiental, e nós, acrescentados, também não estabelecem de fato o acesso da população, principalmente dos mais carentes, aos direitos que oferecem.

Para José Luís Freitas, nos anos de 1999 a 2000 e 2003 a 2004 e no ano de 2008, foram os períodos em que houve maiores aprovações de licitações de construção. Nos anos de 1999 a 2000, houveram muitas licitações por se tratar de um período anterior ao Plano Diretor (2000) que estabelecia regras aos empresários das construções, estes para escapar das leis sugerem grandes quantidades de projetos a serem aprovados. Já os anos de 2003 a 2004 devem-se a expansão da UFV e conseqüente aumento da demanda de apartamentos e casas, principalmente na área central. Finalmente no ano de 2008, além da aprovação de novos cursos, as aprovações de licitações são grandes, pois para 2010 entra em vigor o novo Plano Diretor revisado, este, diferentemente do primeiro, é posterior ao Estatuto da Cidade, e estabelece normas para a Proteção do Patrimônio Público. Por isso, a grande maioria dos projetos para construção se concentra nas áreas centrais como Balaustre, Santa Rita e Gomes Barbosa, locais em que ainda podemos observar as rugosidades.

Santos (2002) destaca o papel das rugosidades no espaço, como importante herança espacial nos diferentes períodos da história. A noção de “rugosidades” complementa a concepção de que a produção do espaço é, ao mesmo tempo, construção e destruição de formas e funções sociais dos lugares. Ou seja, a (des)construção do espaço não refere-se apenas à destruição e à construção de objetos fixos, mas também às relações que os unem em combinações distintas ao longo do tempo. As “rugosidades” são, nesse sentido, as formas espaciais do passado produzidas em momentos distintos do modo de produção e, portanto, com características sócio-culturais específicas. Nessa linha de interpretação, as ‘rugosidades’

constituem-se em paisagens técnicas que podem ser periodizadas segundo o desenvolvimento do modo de produção ao longo do tempo histórico. Com as novas leis para 2010 no município estudado, essas rugosidades estariam resguardadas, contudo, sabendo disso, os empresários se anteciparam com a legalização de projetos que não as preservam.

José Luís Freitas também afirma que os novos loteamentos atendem ao Plano Diretor, pois a Secretaria de Controle Urbano tem uma fiscalização preventiva, contudo ele destaca que esta fiscalização se concentra nas áreas centrais e a periferia continua ilegal. Contudo, como já foi observado, para Maricato (2000), a ineficácia da lei não é fruto da ação de lideranças subversivas que afrontam a lei, mas é resultado da urbanização que exclui e segrega.

Para José Luís Freitas a substituição do IPLAM pelo IPUV, se deve ao primeiro fazer parte do modelo canadense possuindo grande autonomia e poder, sendo substituído pelo segundo, que fragmenta as funções sendo menos autônomo.

Notamos que as tendências espaciais de expansão da área construída está associada ao vetor de crescimento espontâneo e pretendido da cidade (Figura 2), e conseqüentemente são nestas áreas em que se pode perceber as maiores especulações imobiliárias.

Em entrevistas às imobiliárias notamos que todas valorizam mais as áreas centrais, o centro, voltado mais para o comércio, e a Avenida PH Rolfs, voltado tanto para áreas comerciais quanto para moradia, há a valorização também de áreas próximas ao centro, como Santa Rita e Clélia Bernardes. Todas as imobiliárias, destacam que as diferenciações desta valorização e conseqüente alta dos preços se dá pela

presença da UFV e aos serviços oferecidos pelo centro que não são encontrados em nenhum outro bairro. Como áreas de investimento futuro, a maioria destaca que pretende continuar nas mesmas áreas centrais e lançar para o novo vetor de crescimento para a Avenida Castelo Branco.

Os valores elevados praticados pelo mercado imobiliário local podem ser constatados no Informativo da Imobiliária Habitar (2007), analisando comparativamente a área central de Viçosa (MG), com Belo Horizonte (MG), veja: No bairro de Lourdes em BH, um apartamento de 2 quartos está sendo anunciado por 120 mil, já em Viçosa um outro apartamento de 2 quartos localizado no centro chega a 150 mil; outra casa de 4 quartos na Avenida Santa Rita (Viçosa, área central) tem seu preço por 420 mil e em Lagoa Santa(BH), com a mesma quantidade de quartos por 340 mil.

Fazendo-se uma comparação entre os dois bairros estudados, há uma grande diferença nos preços: Aluguel - 1 quarto no centro por R\$400,00; 2 quartos no Clélia Bernardes (área central) R\$450,00; 3 quartos no bairro Santo Antônio (área central) R\$600,00; 4 quartos no centro R\$900,00. Venda-casa de 4 quartos R\$380.000,00 e lote localizado na BR 120 (área central) por R\$170.000,00. Já no bairro Maria Eugênia, o aluguel de 1 quarto tem o preço de R\$ 200,00, de dois quartos por R\$250,00 e três R\$ 300,00 reais. O que justifica a segregação das classes mais baixas para áreas mais periféricas da cidade, como o Maria Eugênia.

Ao questionar os altos preços praticados pelas imobiliárias, todas destacaram que estes se justificam pela localização privilegiada da área central e da Avenida PH Rolfs, devido a proximidade com a UFV, o que

determina grande demanda por parte dos estudantes. Além desta proximidade, há outros critérios que se tornam secundários a este, mas também são importantes, como, estado de conservação e tamanho, das casas e dos apartamentos.

Geraldo Browne, professor de arquitetura da UFV e um dos elaboradores do Plano Diretor, em entrevista, realizada em 16/04/2008 neste estudo, critica a atuação do poder público, afirmando que este foi omissivo; assim, as leis de regulação e crescimento da cidade foram ditadas pelos empresários da construção civil. Contudo, o Plano Diretor em 2000 foi uma tentativa de se regularizar este processo e a criação do Instituto de Planejamento Municipal, o IPLAM (2000) foi um importante passo para o controle da cidade, pois visa o planejamento da cidade, fiscalização de construções, adequação das leis, integração das políticas da prefeitura, porém, este instrumento ainda não acontece em sua plenitude.

Uma de suas críticas ao Plano Diretor, Ribeiro Filho destaca a extinção do IPLAM e sua substituição pelo Instituto de Planejamento Urbano de Viçosa, o IPUV. Pois seria um dos processos que mais viabilizariam a atuação dos empresários da construção civil. Em primeiro lugar, segundo o autor, com a extinção do IPLAM, há a possibilidade de não se criar nenhum instrumento com a mesma função. Outro motivo, é a mudança do nome, pois o IPLAM já está popularizado e o IPUV não teria um reconhecimento popular tão visível. Um terceiro motivo são as reduções das funções do IPUV, pois este seria apenas um órgão de aprovação de projetos, e as fiscalizações das normas urbanas na cidade iriam se efetivar juntamente com outros tipos de

fiscalizações, como impostos, alvarás, dentre outros, o que reduz o conhecimento técnico do especialista urbano. Além disso, o IPLAM estende suas funções para áreas urbanas e rurais, já no IPUV, se reduzir apenas em áreas urbanas, o que pode levar a uma ocupação da franja urbana e a diminuição da área rural.

Analisando as entrevistas de Ribeiro Filho e José Luis, percebe-se claramente as visões diferenciadas de cada um em relação às consequências da substituição do IPLAM pelo IPUV. Diante das análises do Plano Diretor que corrobora para ação mais efetiva do mercado imobiliário, o aumento das licitações e o agravamento da segregação, corroboramos com a visão de Ribeiro Filho e destacamos uma tendência para o aumento da verticalização e um crescimento maior da área central e para os limites da franja urbana, que teoricamente não serão fiscalizadas e protegidas pelo IPUV.

Corrêa (1989) destaca que há duas formas de segregação: a auto-segregação, que se refere a segregação das classes dominantes, e a segregação imposta aos grupos sociais em que as opções de como e onde morar são pequenas ou nulas. Assim, para o autor, a segregação tem duplo papel: de um lado, é o meio de manutenção dos privilégios da classe dominante, e de outro, de controle social, desta mesma classe sobre os demais grupos sociais, que revela a necessidade de manutenção dos grupos sociais desempenhando papéis previamente destinados dentro da divisão social do trabalho.

Em Viçosa existem as duas formas de segregação, a imposta em que a população foi expulsa do centro e se localizou em bairro como Santa Clara, Maria Eugênia, Bom Jesus, entre os outros, e a auto-segregação das classes



mais favorecidas que formam condomínios como Acamari e Parque do Ipê. Podemos inserir a própria Avenida PH Rolfs no aspecto da auto-segregação através da verticalização dos condomínios fechados que indicam as novas formas de urbanização na contemporaneidade.

Em entrevista no bairro Maria Eugênia a maioria dos moradores destacou como principal motivo de morar neste bairro o fato de ser um local barato (tanto compra quanto aluguel de casas e apartamentos) e com casas maiores se comparadas com o centro, que privilegia a moradia de estudantes e por isso tem, em sua maioria, um a dois quartos. A maioria dos moradores, um total de 80% também considera o bairro de regular a péssimo, as queixas são a falta de asfalto, ruas de terra batida, falta de captação para águas da chuva que invadem as ruas e casas, falta de segurança, pontos de venda de drogas, ausência de pontos de comércio, como farmácia, pouca iluminação, limpeza pública (o caminhão de lixo passa apenas duas vezes por semana, ausência de ônibus circular e locais de lazer para as crianças que acabam ficando a mercê da ação do tráfico de drogas.

Em relação aos transportes percebe-se que para bairros como Silvestre e Nova Viçosa, considerados segregados, a circulação de ônibus é mais efetiva. Isso nos leva a refletir melhor sobre a qualificação deste setor, ou seja, a opção de transporte. Em bairros como Fátima ou Clélia Bernardes, o serviço é mais precário, já que a opção de transporte dos moradores destes dois últimos bairros, em sua maioria, são os carros.

Como pontos positivos os moradores destacaram a presença de um posto de saúde localizado no bairro Santa Clara, bem próximo ao Maria Eugênia,

contudo, há poucos médicos e seu funcionamento ainda é insuficiente (três vezes por semana). Outro ponto positivo é a “Casa do Caminho”, um local para a recuperação de viciados alcoólicos e narcóticos, e também se localiza no Santa Clara. Além disso, todos os moradores revelaram que possuem a boa relação e reciprocidade com os vizinhos, um traço que cria uma contigüidade física entre os vizinhos numa mesma extensão. A vida social dos moradores, em sua maioria, não é relacionada ao local do trabalho – que trabalham na área central da cidade – mas com áreas de convivência e de solidariedade entre os vizinhos.

Não são apenas as relações econômicas que devem ser apreendidas numa análise da situação de vizinhança, mas a totalidade das relações, o que pode criar solidariedade, laços culturais e desse modo, identidade (Guigou, 1995).

Dos quinze entrevistados, quatorze afirmaram que não possuem nenhuma participação nas discussões e decisões que afetam o desenvolvimento da cidade e do bairro, ou por falta de tempo, ou pela falta de conhecimento da existência de associações de bairro. O único que afirmou que tem participação é o vice presidente fiscal do Maria Eugênia, que destacou que as ações das associações estão insuficientes já que a participação dos moradores é mínima. Isso demonstra que no bairro a associação não é participativa em relação à comunidade o que repercute na materialização da falta ou ineficácia de serviços e infra-estruturas (Figura 5 e 6).



Figura 5 e 6 - Bairro Maria Eugênia

Percebe-se nas fotos e nas observações *in locu* que muitas casas se localizam próximas a barrancos e topos de morros, as ruas são íngremes de “pedra fincada” ou “terra batida”, casas com pouca infra-estrutura e uma população com pouco ou nenhum estudo.

Uma das pessoas que tentamos entrevistar foi o ex vereador Raimundo Guimarães, que mora no bairro, mas infelizmente ele não tinha tempo disponível. Muitos entrevistados reclamaram da ação deste vereador, que pouco fez em seu mandato. A sua única

obra foi a construção de um escadão que liga o bairro Maria Eugênia ao Santa Clara, contudo, os moradores afirmam que esta obra o beneficia, já que se localiza ao lado de sua casa e por ele ter grande quantidade de imóveis no Santa Clara. Outra queixa dos moradores é a discrepância da casa de Raimundo Guimarães para as demais. A

segregação socioespacial é evidente, as precariedades ou ausência de infra-estruturas técnicas e sociais se materializam em todo bairro e marca a presença de uma população de classe menos favorecida que enriquece a diversidade socioespacial, que tanto se manifesta pela produção da materialidade em bairros tão contrastantes neste caso o Maria Eugênia e a área central da cidade-, quanto pelas formas de trabalho e de vida.

Há no Maria Eugênia ausência de participações nas discussões e averiguações públicas, negligência dos serviços públicos, entre outros e assim, a desigualdade, a exclusão, e, inclusive, a violência, continuam sendo ingredientes consubstanciais da existência de uma cidade capitalista e em crescimento. São nestas privações de capacidades que a real pobreza se materializa (Sen, 2000).

Já as entrevistas na área central, Avenida PH Rolfs a maioria dos entrevistados revelaram que o principal motivo para morar nesta avenida é a proximidade da UFV, a boa infra-estrutura, a boa iluminação e segurança, considerando o bairro de bom a ótimo. Contudo, como pontos negativos, se queixam dos preços abusivos dos aluguéis, a ocupações indevidas de cadeiras nos passeios, o que impede a passagem de pedestres, o intenso trânsito e verticalização, a poluição sonora. (Figura 7 e 8).



**Figura 7e 8** - intensa verticalização na área central, Avenida PH Rolfs. Fotografias: Nádia Menezes 02/09/2008.

Percebe-se na área central, de acordo com Souza *et all* (2006) que a maioria dos moradores são estudantes, cerca de 92%, e esta é a justificativa dos entrevistados de não participarem das discussões a cerca do desenvolvimento da cidade e do bairro, alegando que as reuniões são nos horários das aulas e que os representantes da prefeitura não aceitam as opiniões de pessoas que não são da cidade . Segundo este autor, a população na área central é estimada de

1000 habitantes no Bairro Maria Eugênia, e 230 na área central.

Nota-se através da análise destes dois recortes que a ação dos agentes imobiliários em Viçosa é intensa, justificada pela presença da UFV que deveria ser o principal agente para promover a diminuição das discrepâncias entre os bairros, contudo, sua ação é precária. Além disso, ainda há muitas dificuldades para a execução do planejamento urbano e para as ações da prefeitura, que em sua maioria, se concentram nas áreas centrais. Já nas periferias se estabelece a cidade ilegal. A comunidade também deve participar de maneira mais efetiva para assim poder vislumbrar o efetivo e real “Direito à cidade”.

#### 4. CONCLUSÕES

Neste artigo destacamos os bairros citados, perda de funções da cidade, a intensificação da pobreza e da segregação. Abordamos os aspectos da segregação socioespacial. Pode-se constatar grandes contrastes nesta cidade, uma cidade que se mostra dividida, com uma intensa verticalização, infra-estruturas técnicas e sociais melhores na região central e adjacências, e a situação inversa em seus espaços mais periféricos, com precárias condições, exceção feita aos espaços de amenidades (condomínios fechados, etc). Na periferia precarizada se pode perceber certa ausência do poder público local quanto a ações mais efetivas que possam promover melhores condições de vida à população, condições estas que, entre outros aspectos fundamentais como renda e emprego, demandam reformas e novas condições de uso nos lugares que a constituem, portanto de melhorias à sua espacialidade, que precisariam ser extensivas para além desta periferia,

recobrando também as áreas centrais, que já se mostram, em certos aspectos, fontes de mal estar, pelo trânsito intenso, ausência de arborização, praças etc.

Os casos estudados nesta pesquisa, a área central, mais especificamente o setor da Avenida PH Rolfs e o bairro Maria Eugênia evidenciam este contraste, que sugere uma cidade dominada pelos processos especulativos com a terra, organizando-se segundo a lógica do capital fundiário e da indústria da construção civil, situação para a qual, vale dizer, a existência da Universidade Federal de Viçosa, sobretudo, é decisiva, operando como um grande indutor deste processo, ou seja, impulsionando uma substancial valorização econômica do espaço, ingrediente central na formação e no entendimento da segregação socioespacial da cidade. Daí a importância de um melhor ajuste nas relações entre esta universidade e a prefeitura, no sentido da elaboração e da realização de formas de intervenção urbanística e sócio-ambientalmente mais adequadas e desejáveis ao melhor desenvolvimento da cidade e da sua vida urbana mais geral.

A universidade deveria constituir um foro de debate juntamente aos especialistas e a comunidade para refletir sobre os problemas da cidade e as implicações que possam advir do Plano Diretor, que na atualidade estabelece práticas para legitimar a ação dos agentes imobiliários e agravar a segregação socioespacial.

Neste aspecto a própria geografia se insere promovendo debates, fruto dos estudos sobre a cidade e através das participações no Plano Diretor. Este não apresenta nenhum profissional desta área, o que é uma deficiência, já que o geógrafo possui um aparato complexo e crítico sobre a cidade como um todo.

Apesar de se estudar apenas estes dois casos eles refletem uma realidade de vários bairros viçosenses, cidade marcada pela abusiva ação dos agentes modeladores do espaço, principalmente, como vimos, o mercado imobiliário, que acabam intensificando a materialização da pobreza, inserção precária, segregação.

Cabe destacar que o estudo aqui empreendido não se esgota e abre perspectivas para novos caminhos aos estudos da pobreza urbana e da segregação socioespacial em Viçosa, aspectos importantes ao desenvolvimento de uma melhor condição socioespacial da cidade no tempo presente e no futuro próximo, o que seguramente representa desafios substanciais às políticas públicas na cidade, dentre as quais ao planejamento urbano e a políticas mais específicas de criação de emprego e renda aos mais necessitados, que, no entanto, não lograrão êxito se não vierem acompanhadas de um sólido senso de responsabilidade sócio-ambiental.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Antunes, E. P. 2006. segregação socioespacial urbana: o caso dos bairros arduíno bolívar-amoras- e são josé- laranjal, viçosa- mg. monografia (bacharel em geografia), departamento de artes e humanidades, universidade federal de viçosa, viçosa-mg. setembro de 2006. disponível em :[www.geo.ufv.br/monografias](http://www.geo.ufv.br/monografias). acesso.21/11/2008. 70p.

Carneiro, P. A. S.; Faria, A. L. .2005 ocupação de encostas e legislação urbanística de viçosa-mg. caminhos da geografia. ig-ufu:uberlândia.p.121-138.disponível em <http://www.ig.ufu.br/revista/volume14/artigo12-vol14.pdf> acesso em 19/04/2006.17p.

Corrêa, R. L. 1995.o espaço urbano.3ªed. editora ática.

- Hughes, P. J. A. 2004. segregação socioespacial e violência na cidade de são paulo: referências para a formulação de políticas públicas. são paulo perspec. vol.18 no.4 são paulo oct./dec. [www.scielo.br/scielo.php?pid=s0102-..script.acesso](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0102-..script.acesso) 06/05/2010. 25p.
- Kowarick, L. 1979. a espoliação urbana. rio de janeiro: paz e terra.
- Maricato, E. 2000. as idéias fora do lugar e o lugar fora das idéias. planejamento urbano no brasil. in: arantes, o.v.c.; maricato, e. a cidade do pensamento único: desmanchando consensos. petrópolis, rio de janeiro:vozes.
- Martins, J. S. 2004. para compreender e temer a exclusão.in: vida pastoral, ano xlv, nº 239, editora paulus, são paulo, novembro-dezembro, p. 3-9.
- Mello, F. A. O. 2002. análise do processo de formação da paisagem urbana no município de viçosa, minas gerais dissertação (mestrado em ciências florestais) – viçosa: ufv. 103p.
- Moraes, A. C. R.; Costa, W. M. Geografia crítica.1997. a valorização do espaço. 3ª ed hucitec.são paulo.
- Plano diretor do município de viçosa. 1993.projeto de lei nº/2000. disponível em: [www.vicosa.mg.gov.br](http://www.vicosa.mg.gov.br) .acesso 12/03/2008.
- Ribeiro Filho, G. B.1997.a formação do espaço construído: cidade e legislação urbanística em viçosa, mg. dissertação de mestrado em urbanismo, prourb da faculdade de arquitetura e urbanismo da ufrj, rio de janeiro,244p.
- Rolnik, R.1995 . o que é cidade.são paulo: brasiliense.
- Roma, M.C. 2008. segregação socioespacial em cidades pequenas: entre semelhanças e diferenças. disponível em: [geografianaveia.blogspot.com/.../segregacao-o-socioespacial.html](http://geografianaveia.blogspot.com/.../segregacao-o-socioespacial.html). acesso 06/05/2010
- Santos, M. o espaço dividido: os dois circuitos da economia urbana dos países subdesenvolvidos.1995.
- Sen, A. K. 2000. desenvolvimento como liberdade. são paulo: companhia das letras.
- sobarzo miño, o.a.1999. a segregação socioespacial em presidente prudente: análise dos condomínios horizontais. dissertação de mestrado, faculdade de ciências e tecnologia da universidade estadual paulista “júlio de mesquita filho”, presidente prudente.
- Souza, M.L. abc de desenvolvimento urbano.2000. rio de janeiro. bertrand brasil.
- tompes da silva, m. c. 1995. o método e a abordagem dialética em geografia. in: revista de geografia. campo grande, v 1, nº1, p.1-20.
- Souza, J.; Mendes, F.F.; Fialho, E.S.; Faria, A.L.L. 2007. o clima e a ocorrência de doenças nas cidades de juiz de fora e viçosa (mg): considerações preliminares. in xvi simpósio de iniciação científica. viçosa mg. anais do xvi simpósio de iniciação científica.
- Vialli, J. 2006. o imaginário da cidade: percepção espacial dos estudantes da universidade federal de viçosa e da população de viçosa. monografia (bacharelado em geografia), departamento de artes e humanidades, universidade federal de viçosa,viçosa-mg.54f.



## A IMPORTÂNCIA DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE VIRACOPOS PARA AS ESTRATÉGIAS EMPRESARIAIS NO MERCADO INTERNACIONAL

### THE IMPORTANCE OF INTERNATIONAL AIRPORT OF VIRACOPOS FOR ENTERPRISE STRATEGIES IN THE INTERNATIONAL MARKET

Josmar Cappa  
PUC Campinas  
josmarcappa@gmail.com

José Henrique Souza  
PUC Campinas-Brasil  
josehenriquesouza@yahoo.com.br

#### RESUMO

Este estudo analisa o Aeroporto Internacional de Viracopos como infra-estrutura de apoio logístico integrado às operações industriais de empresas instaladas no Brasil que atuam no comércio internacional. A análise conta com o referencial teórico da Economia Industrial, Estratégias de Administração e Logística Industrial, além da recuperação do papel institucional da Infraero na gestão dos aeroportos. Assim, o movimento de mercadorias no país permite entender o caráter estratégico de Viracopos. O trabalho conclui a ampliação do aeroporto em desarmonia com uma política nacional de transporte pode gerar problemas de aglomeração, redução da qualidade de vida e dificuldades para consolidar Viracopos como centro cargueiro da América Latina.

**Palavras-chave:** Políticas Públicas, Economia Urbana e Regional, Transporte Aéreo e Aeroportos, Aeroporto Internacional de Viracopos.

#### ABSTRACT

This study analyzes the International Airport of Viracopos as infrastructure of integrated logistic support to the industrial operations of companies installed in Brazil who act in the international trade. The analysis counts on the theoretical background of the Industrial Economy, Strategies of Administration and Logistic Industrial, beyond the recovery of the institutional role of the Infraero in the management of the airports. Thus, the movement of merchandises in the country allows understanding the strategical role of Viracopos. The work concludes the magnifying of the airport in disharmony with the national politics of transport can generate problems of agglomeration, reduction of the quality of life and difficulties to consolidate Viracopos as freight-carrying center of Latin America.

**Keywords:** Public policies, Urban and regional Economics; Air transport and Airports, Airport International Viracopos.

## 1. INTRODUÇÃO

Sob uma perspectiva histórica de análise, Viracopos pode requalificar a localização estratégica de Campinas no século XXI, diante dos novos significados dos aeroportos na dinâmica da economia contemporânea. A localização geográfica de Campinas influenciou toda a história do seu processo de desenvolvimento econômico desde a sua fundação, na medida em que se tornou estratégica porque recebeu investimentos na infra-estrutura de transporte. No início, pelo Caminho das Minas dos Goyases transportava-se parte do açúcar do sudeste no final do século XVIII em direção à Metrópole Portuguesa. No século XIX, Campinas conquistou posição de entroncamento viário, pois a partir das ferrovias era possível receber, armazenar e transportar todo o café do interior do Estado de São Paulo para o Porto de Santos. Essa posição foi reafirmada pela abertura de rodovias paulistas no século XX que manteve a proximidade com São Paulo e foi importante para atrair grandes empresas no seu entorno.

Pelas razões supracitadas, pretende-se apresentar neste artigo o papel desempenhado por Viracopos como infra-estrutura de logística das operações industriais integrada às estratégias competitivas das grandes empresas na economia contemporânea. Essa economia é caracterizada por um ambiente de concorrência marcado pelo intenso processo de inovações tecnológicas, pelo aumento na velocidade das transações no mercado mundial de capitais e pela formação de blocos econômicos pelos Estados Nacionais.

No atual ambiente competitivo as grandes empresas utilizam o transporte aéreo e os centros cargueiros aeroportuários como logística integrada às operações industriais e como parte de suas estratégias corporativas para ampliar a comercialização de mercadorias entre nações, blocos

econômicos e intra-empresas. Assim, as empresas “locais” e “regionais” cedem lugar, em termos de capacidade de crescimento, para empresas que estabelecem alianças e acordos internacionais, quer sejam eles produtivos, comerciais ou tecnológicos.

Nesse ambiente de “economia em rede”, “produção em rede” e “inovação em rede” os centros cargueiros aeroportuários passaram a integrar os processos produtivos de diversas cadeias industriais e redes de inovação que conectam fornecedores, clientes e usuários espalhados por todo o mundo. Daí a importância dos grandes aeroportos para o desenvolvimento das empresas, das nações, dos municípios onde estão localizados e das regiões onde estão instaladas empresas que necessitam intercambiar mercadorias, matérias-primas, insumos, máquinas, equipamentos, tecnologias, partes e componentes diversos, gerando empregos, renda e tributos. Em 2005 Viracopos representou o segundo lugar em movimentação de mercadorias importadas no país, com participação relativa de 9,36%, avaliada pelos valores gerados em dólares. Para exportações, Viracopos também representou o segundo lugar, mas entre os aeroportos brasileiros (2,4%), segundo dados do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC, 2006).

Pretende-se também analisar se Viracopos poderá servir-se de Campinas e região ou servir à Campinas e região. Na primeira hipótese, a ampliação de Viracopos pode gerar deseconomias de aglomeração, diminuir sua importância logística e não requalificar a localização de Campinas. Diante do intenso fluxo de mercadorias e pessoas em direção a Viracopos, cujo acesso é somente a Rodovia Santos Dumont, haveria elevação dos custos e do tempo com transporte.

Para servir à Campinas e região, de forma compatível com sua perspectiva histórica, a ampliação de Viracopos precisa ser conduzida de forma estratégica pelos governos federal, estadual e municipal. Desse modo será possível garantir investimentos no reaproveitamento do transporte ferroviário, disponível nesta região, e sua ligação com o transporte naval em Santos tendo em vista complementar as atividades do transporte aéreo. Assim seria possível gerar alternativas para circulação de pessoas e mercadorias, além de utilizar a logística integrada às operações industriais e comerciais por terra, mar e ar.

O trabalho foi elaborado a partir de um referencial teórico multidisciplinar a partir do campo de estudos da Economia Industrial, Estratégias de Administração e Logística de Operações Industriais. Está dividido em três partes, contando com esta introdução. A segunda parte trata do debate teórico sobre infra-estrutura aeroportuária. A terceira parte recupera o papel institucional da Infraero na gestão da infra-estrutura aeroportuária no Brasil para analisar a forma de condução da ampliação do Aeroporto Internacional de Viracopos.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO DE ANÁLISE

Do ponto de vista produtivo, a infra-estrutura aeroportuária constitui parte integrante das estratégias de concorrência das grandes empresas, seja como apoio logístico para completar a produção, seja para acelerar o tempo de obsolescência tecnológica dos produtos, tendo em vista intensificar o comércio internacional de mercadorias.

A dinâmica do capitalismo caracteriza-se por um processo de transformações permanentes que modificam, de forma evolutiva, a economia, a política e a sociedade. O impulso fundamental dessa dinâmica procede dos novos bens de consumo,

métodos de produção, transporte, ampliação dos mercados e das novas formas de organização industrial criadas pelas empresas. Trata-se de uma mutação industrial que modifica a estrutura econômica a partir de dentro, destruindo o antigo e criando elementos novos (Schumpeter, 1984).

Esse processo de transformações permanentes gera um ambiente competitivo entre as empresas, cuja disputa não ocorre por meio do lucro máximo e se acirrou nos últimos anos, de maneira distinta entre países e blocos econômicos. Diante de intensificação das inovações tecnológicas nas formas de produzir e comercializar mercadorias vem ocorrendo uma maior fragmentação e dispersão das ações empresariais entre países e blocos econômicos.

Como resultado, as empresas buscam continuamente melhores condições de competitividade, compreendida como a capacidade da empresa formular e implementar estratégias concorrenciais para manter uma posição sustentável no mercado (Coutinho e Ferraz, 1995). Entre as grandes empresas, merecem destaque as estratégias concorrenciais da diferenciação do produto, diversificação do produto, sendo que esta última pode levar a uma integração vertical, total ou parcial, de acordo com o perfil da empresa (Oliveira, 2004 ; Porter, 2005).

A estratégia da diferenciação do produto trata de uma política de vendas e de qualidade para ampliar a participação da empresa num certo mercado ou conquistar novos mercados, incluindo discriminações nos preços, para cima ou para baixo, junto aos diferentes tipos de clientes. A estratégia da diversificação do produto refere-se às mudanças nas mercadorias ou nos processos produtivos. Envolve também a introdução de um novo produto num mercado em que a empresa não atuava, modificações na cadeia de



produção e, por vezes, investimentos em uma nova indústria. Neste último caso, a diversificação de produtos se desdobra em integração vertical, pois inclui a produção de bens, insumos e matérias-primas intermediários ou complementares àquelas mercadorias que continuam a ser produzidas pela própria empresa como componentes e partes, por exemplo (Oliveira, 2004 ; Porter, 2005).

As estratégias acima são implementadas pelas grandes empresas a partir de reações rápidas visando o estoque mínimo de produtos e mercadorias acabadas, o que envolve diferentes fornecedores pelo mundo com diferentes vantagens competitivas relacionadas a custo, qualidade, escala de produção, rapidez e eficiência no atendimento. Por isso, passaram a necessitar de serviços de logística integrada às operações industriais, compreendida pelo conceito de *supply chain management* ou gerenciamento da cadeia de suprimentos por meio das modernas tecnologias de informação. Envolve todo o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo e armazenamento de matérias-primas, insumos, peças, partes e componentes, inventário em processo, bens acabados e informações sistematizadas do ponto de origem ao destino final da mercadoria de acordo com as necessidades das empresas, integrando, desse modo, as atividades básicas de logística como transporte, armazenagem e manuseio (Council of Logistics Management, 1995 ; Ballou, 2004).

### **3. A GESTÃO DA INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA NO BRASIL**

O transporte aéreo de mercadorias como estratégia de concorrência empresarial depende, por um lado, dos centros cargueiros aeroportuários porque oferecem infra-estrutura na terra para as operações de embarque e desembarque,

pouso e decolagem de aeronaves. Por outro, depende das cidades onde estão localizados os centros cargueiros aeroportuários, pois o transporte aéreo necessita do apoio de outros modais de transporte como rodoviário, ferroviário ou fluvial para completar suas atividades.

As companhias aéreas necessitam do apoio da infra-estrutura aeroportuária oferecida pelos aeroportos para completar os serviços de transporte de passageiros e mercadorias como, por exemplo, sistemas de auxílio e controle de navegação aérea, alocação de *slots* (espaço físico da pista para pousos e decolagens de aeronaves), portões de embarque e desembarque em aeroportos e galpões para manutenção de aeronaves, entre outros.

A infra-estrutura aeroportuária brasileira é composta por 2.014 aeródromos civis (715 públicos e 1.299 privados utilizados com permissão do proprietário), sendo, no entanto, proibida a exploração comercial. Conta ainda com 83 Grupamentos e Estações de Navegação Aérea espalhados pelo Brasil, além de 703 aeroportos públicos, dos quais 67 são administrados pela Infraero e 235 são administrados por meio de convênio entre o Comando da Aeronáutica, Estados e Municípios. Os aeroportos administrados pela Infraero concentram 97% de toda a movimentação de passageiros e 99% do transporte de mercadorias aéreas regulares no país, o equivalente, em 2000, a 2,09 milhões de pousos e decolagens de aeronaves (nacionais e estrangeiras) e 67,9 milhões de passageiros; e, em 2004, a 2,11 milhões de toneladas de mercadorias transportadas ou US\$ 159,3 bilhões entre exportações e importações (Infraero, 2005, BNDES, 2002).

As companhias aéreas cargueiras contam ainda com 32 Terminais de Carga Aérea (Teca) nos aeroportos brasileiros que também são administrados pela Infraero. Trata-se de uma área equipada com tecnologias de informação para

orientar a gestão da logística integrada das operações industriais, utilizando, por exemplo, de códigos de barra e intercâmbio eletrônico de dados, *Electronic Data Interchange* (EDI), para melhorar a velocidade e a acuraria das informações durante toda a movimentação das mercadorias. Nos Tercas são realizadas as atividades de recebimento, classificação, armazenamento, despacho e documentação das mercadorias, por meio do processo de recebimento e distribuição de produtos pelo sistema de carga utilizada, ou seja, por meio de contêineres e pallets. Essas operações envolvem todo um processo de embalagem das mercadorias em contêineres ou pallets, armazenagem de contêineres e de pallets para o recebimento e despacho das mercadorias, além da “descontêinerização” e “despaletização”.

Os recursos financeiros da Infraero são utilizados para desenvolver a infraestrutura aeroportuária no Brasil a partir do princípio da compensação. Ou seja, os recursos gerados em aeroportos superavitários são investidos em aeroportos ou aeródromos deficitários, levando-se em consideração a integração regional no Brasil por via aérea e a evolução da demanda por transporte aéreo de mercadorias e passageiros. Desse modo, são definidas a construção e modernização das instalações e organizações em terra necessárias às operações das aeronaves, à movimentação de passageiros e ao transporte e armazenagem de mercadorias.

O princípio da compensação para administrar os recursos financeiros da Infraero, entre os aeroportos e aeródromos no Brasil, dificulta uma gestão eficiente e estratégica dos recursos financeiros e desestimula, em parte, a busca para ampliar a rentabilidade econômica por meio de tarifas e serviços aeroportuários diferenciados. Os recursos financeiros da Infraero são oriundos da administração de 67 aeroportos, 32 Terminais de Cargas

Aéreas e 83 Grupamentos e Estações de Navegação Aérea espalhados pelo Brasil, por meio da cobrança de tarifas aeroportuárias e tarifas comerciais ou não-aeroportuárias.

As tarifas aeroportuárias referem-se à realização do transporte aéreo e são relativas ao tráfego aéreo internacional; ao embarque e desembarque de passageiros para tráfego aéreo doméstico; ao pouso e estacionamento da aeronave; à permanência de aeronaves estacionadas fora do pátio de manobras do aeroporto; à armazenagem e capatazia pela utilização dos serviços de guarda, manuseio, movimentação e controle de mercadorias nos terminais de cargas aéreas dos aeroportos; ao uso das comunicações e dos auxílios à navegação aérea; e ao uso das comunicações e dos auxílios de rádio e nas áreas de tráfego aéreo.

As tarifas comerciais ou não-aeroportuárias são aquelas geradas pelo arrendamento de instalações ou equipamentos, concessões de serviços privados, aluguel de espaços físicos nos aeroportos para instalação de escritórios, lojas, empresas, propagandas, entre outras.

Além das mencionadas fontes primárias de recursos, há também a possibilidade de contar com fontes secundárias como, por exemplo, recursos oriundos do Governo Federal. Por meio do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC, 2007), o governo federal pretende promover a aceleração do desenvolvimento sustentável, com a eliminação dos gargalos para o crescimento da economia, aumento de produtividade e superação dos desequilíbrios regionais e das desigualdades sociais. O total de investimentos previstos é de R\$ 503,9 bilhões, sendo R\$ 274,8 bilhões para energia, R\$ 170,8 bilhões na área social e urbana e R\$ 58,3 bilhões em logística de transportes. Nesse último caso, 5,1%

serão para aeroportos (R\$ 3 bilhões), e 57,3% para rodovias (R\$ 33,4 bilhões).

Do total dos R\$ 3 bilhões previstos para investimentos nos aeroportos do país, segundo o PAC (2007), R\$ 969 milhões serão disponibilizados pela Infraero e R\$ 2,032 bilhões pelo Orçamento Geral da União (OGU). Conforme a Tabela 1, os investimentos serão divididos entre as cinco regiões do país, com destaque para a Região Sudeste, com 60% dos investimentos, devido a maior demanda por transportes de passageiros e mercadorias.

**Tabela 1-** Investimentos em aeroportos no Brasil. Fonte: PAC (2007)

Região	R\$ milhões	%
Norte	95	3,2
Nordeste	151	5,0
Sudeste	1.801	60,0
Sul	601	20,0
Centro-Oeste	353	11,8
Total	3.001	100

#### **4. LOGÍSTICA INTEGRADA ÀS OPERAÇÕES INDUSTRIAIS FORNECIDAS POR VIRACOPOS: Impactos no país e na Região de Campinas**

As modernas cadeias de produção e de inovação consistem de um número crescente de conexões e fluxos estabelecidos em escala global. Assim, a natureza cada vez mais essencial do conhecimento e do intercâmbio para o desenvolvimento exige meios de comunicação, transporte e tráfego cada vez mais aprimorados e avançados. A cooperação, o trabalho em grupo, a comunicação e o comércio exige deslocamentos cada vez mais rápidos ao longo de distâncias cada vez maiores. Não bastam rápidos meios de comunicação como a internet e a telefonia celular. É necessário estabelecer contatos face a face, assistência tecnológica, testes de protótipos e envios de amostras e material publicitário. O

desenvolvimento de uma infra-estrutura de transporte seguro e rápido é assim, imprescindível para um país ou região que se pretende desenvolvida.

O Aeroporto Internacional de Viracopos, localizado no município de Campinas-SP, atende a uma demanda gerada por grandes empresas espalhadas em 430 municípios do Brasil, sendo: I) 266 cidades no Sudeste ou 61,9% do total; II) 130 cidades no Sul ou 30,2%; III) 24 cidades no Nordeste ou 5,6%; IV) 6 cidades no Centro-Oeste ou 1,4%; e V) 4 cidades no Norte do país ou 0,9%. Conta ainda com vôos de mercadorias regulares e semanais para os seguintes destinos no mercado internacional: I) como centros dispersores de mercadorias, Miami, Memphis, Frankfurt e Caracas; II) como pontos para pousos técnicos para destinos de países da Ásia e Europa, Dakar e Ilha do Sal; e III) como destinos finais de entrega de mercadorias, Luxemburgo, Buenos Aires, Santiago, México, San Juan, Quito, Bogotá, Lima, Montevideu e Nova York (Infraero, 2007).

Em 2005 foram gerados US\$ 118,3 bilhões com exportações e outros US\$ 73,5 bilhões com importações, segundo dados do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC, 2006). Viracopos representou o segundo lugar em movimentação de mercadorias importadas com

participação relativa de 9,36%, avaliada pelos valores gerados em dólares. Superou o Porto de Vitória (7,45%) e o Aeroporto de Cumbica (6,32%). O Porto de Santos é o mais importante do país com 26,67% do total de mercadorias importadas (Tabela 2).

**Tabela 2** – Distribuição das importações por modais de transportes. Fonte: MDIC (2006). Elaboração dos Autores. Fonte: MDIC (2006). Elaboração dos Autores.

<b>Porto</b>	<b>US\$</b>	<b>Participação %</b>	<b>Acumulado %</b>	<b>Ranking</b>
Porto de Santos	19.616.855.926	26,67	26,67	1
Campinas - Aeroporto	6.881.732.911	9,36	36,03	2
Vitória - Porto	5.548.321.739	7,54	43,57	3
São Paulo - Aeroporto	4.646.970.954	6,32	49,89	4
Paranaguá	4.527.202.382	6,16	56,04	5
Porto Sepetiba (RJ)	3.659.962.676	4,98	61,02	6
Porto Porto Alegre	3.135.378.206	4,26	65,28	7
Manaus - Aeroporto	2.732.420.085	3,71	69	8
Rio de Janeiro - Porto	2.604.957.807	3,54	72,54	9
Uruguaiana - Rodovia	2.566.109.057	3,49	76,03	10
Manaus - Porto	2.512.611.634	3,42	79,44	11
Rio Grande	2.457.227.808	3,34	82,79	12
São Sebastião	2.273.687.417	3,09	85,88	13
Aratu - Porto	1.814.283.359	2,47	88,34	14
Itajaí	1.637.328.032	2,23	90,57	15

Quanto à movimentação de mercadorias para o mercado internacional em 2005, também avaliada pela geração de valores em dólares, o Porto de Santos manteve a primeira posição, sendo seguido pelos portos de Vitória (9,6%) e Paranaguá (7,3%). Viracopos ocupou a 12<sup>a</sup> posição (2,4%), mas representa o segundo maior aeroporto para movimentações de mercadorias exportadas entre os aeroportos brasileiros, enquanto Cumbica representou o primeiro lugar com 3,3% do total exportado (Tabela 3).

**Tabela 3** – Distribuição das exportações por modais de transportes. Fonte: MDIC (2006).  
Elaboração dos Autores.

Porto	US\$	Participação %	Acumulado %	Ranking
Porto de Santos	32.798.723.651	27,7	27,7	1
Vitória - Porto	11.327.847.574	9,6	37,3	2
Paranaguá	8.594.781.880	7,3	44,6	3
Rio Grande	7.140.892.643	6	50,6	4
Rio de Janeiro - Porto	5.581.456.452	4,7	55,3	5
Porto Sepetiba - RJ	5.476.716.798	4,6	59,9	6
Itajaí	4.897.969.448	4,1	64,1	7
Uruguaiana - Rodovia	4.570.191.937	3,9	67,9	8
São Paulo - Aeroporto	3.950.974.136	3,3	71,3	9
São Luís - Porto	3.827.801.459	3,2	74,5	10
Salvador - Porto	3.013.195.188	2,5	77,1	11
Campinas - Aeroporto	2.808.787.563	2,4	79,4	12
São Francisco do Sul	2.770.759.142	2,3	81,8	13
Manaus - Aeroporto	1.750.857.086	1,5	83,3	14
Aratu - Porto	1.741.920.505	1,5	84,7	15

A movimentação de mercadorias Cumbica e Viracopos, que, juntos, no país, pelo modal aéreo, está responderam por 81% das exportações e 65% distribuída em 13 aeroportos, mas de das importações em 2005 (Tabela 4).  
forma concentrada nos aeroportos de

**Tabela 4** – Participação de Viracopos e Cumbica nas exportações e importações - 1996-2006.  
Fonte: MDIC (2007). Elaboração dos Autores.

Aeroporto	Exportação %	Importação %	Aeroporto	Exportação %	Importação %
Cumbica	43	35	Vitória	0	2
Viracopos	38	30	Brasília	0	1
Manaus	4	11	Salvador	2	1
Galeão	0	8	Recife	2	0
Curitiba	2	4	Fortaleza	2	0
Confins	2	3	Natal	1	0
Porto Alegre	3	3	Outros	1	2

A importância de Viracopos, como infra-estrutura logística que integra as estratégias corporativas das grandes empresas, pode ser analisada a partir da série histórica da movimentação de mercadorias entre os dois maiores aeroportos cargueiros no país (Cumbica e Viracopos) avaliada pela geração de valores em dólares.

Em 1996, durante o Plano Real, a participação do Aeroporto de Viracopos nas importações era de 37,8% e a de Cumbica era de 62,2%. No entanto, para os anos seguintes observa-se que a participação relativa do Aeroporto de Viracopos na movimentação de mercadorias importadas adquiriu uma evolução crescente e chegou a 57,5% em

2006, enquanto no Aeroporto de participação relativa foi decrescente e Cumbica ocorreu o inverso, pois a chegou a 42,5% (Tabela 5).

**Tabela 5** – Participação de Viracopos e Cumbica nas exportações e importações. Fonte: MDIC (2007). Elaboração dos Autores.

Ano	Importações %		Exportações %	
	VCP	GRU	VCP	GRU
1996	37,8	62,2	19,6	80,4
1997	49,9	50,1	22,5	77,5
1998	57,2	42,8	24,5	75,5
1999	65,4	34,6	23,0	77,0
2000	70,1	29,9	39,1	60,9
2001	69,0	31,0	33,0	67,0
2002	60,3	39,7	25,5	74,5
2003	59,7	40,3	34,0	66,0
2004	70,6	29,4	38,0	62,0
2005	60,3	39,7	41,5	58,4
2006	57,5	42,5	44,3	55,7

A maior participação de Viracopos nas importações sublinha este aeroporto como parte integrante das estratégias de concorrência, especialmente de grandes empresas que dependem da infra-estrutura aeroportuária para complementar seus processos produtivos. O que pode ocorrer por meio da importação tanto de peças, partes e componentes de alto valor agregado, quanto de mercadorias de menor valor agregado para repor estoques e evitar a paralisação da produção.

A participação relativa do Aeroporto de Cumbica nas exportações é maior quando comparada a do Aeroporto de Viracopos. Mas enquanto o Aeroporto de Cumbica teve sua participação relativa na movimentação de mercadorias exportadas reduzida de 80,4%, em 1996, para 55,7%, em 2006, Viracopos, ao contrário, aumentou de 19,6% para 44,3% em igual período, sinalizando para uma tendência de maior participação nas estratégias

comerciais de empresas transnacionais que atuam no mercado mundial (ver Tabela 5).

No entanto, do total dos R\$ 1,8 milhões de investimentos para os aeroportos na região Sudeste, destinados pelo PAC (2007), não há nenhum recurso destinado para Viracopos, apesar de, complementar parte das estratégias de grandes empresas e de ter sido projetado pela Infraero (2007) como centro cargueiro da América Latina no século XXI.

Isto representa um paradoxo quanto à forma de condução da ampliação de Viracopos, bem como ausência de uma visão sistêmica do transporte, por parte dos governos federal, estadual e municipal, na condução de projetos considerados estratégicos como, por exemplo, o Trem Expresso Bandeirantes, o Corredor Metropolitano Noroeste e o Anel Viário. Estes projetos estão sendo conduzidos de forma fragmentada e sem integração com Viracopos, podendo resultar em deseconomias de aglomeração e inibir o apoio logístico integrado às operações industriais das grandes empresas, como detalhado adiante.

No caso de ser concretizada a projeção de Viracopos como centro cargueiro da América Latina, este aeroporto poderá integrar ainda mais, a partir do apoio logístico que oferece, o processo de produção e de vendas de grandes empresas, especialmente aquelas que atuam no comércio internacional e que, por vezes, operam no sistema *just-in-time*. Assim, Viracopos sinaliza para o surgimento de um novo centro importante para o futuro do desenvolvimento de Campinas e Região, especialmente diante das possibilidades de atração e expansão de atividades econômicas diversificadas, além do crescimento dos setores de comércio e de serviços aeroportuários.

Mas a importância de Viracopos para Campinas depende, em grande parte, de como poderá ser sua inserção junto ao meio urbano da cidade. Pode haver duas possibilidades: Viracopos servir-se de Campinas e Região ou servir à Campinas e Região. Na primeira, prevaleceria, por parte da Infraero, a busca pela maior rentabilidade econômica e menor custo operacional com as atividades aeroportuárias e não-aeroportuárias, pois se trata de uma empresa estatal que estaria atuando de acordo com as regras do mercado competitivo. Nessa situação, estaríamos distante de articulações políticas suprapartidárias que estimulasse ações integradas entre os Poderes Federal, Estadual e Municipal na busca das melhores soluções técnicas, socioeconômicas e ambientais para a relação entre a Região de Campinas e Viracopos, admitindo-se que a ampliação do aeroporto deve ponderar as perspectivas de desenvolvimento do país, do estado e do município.

Ademais, ganhariam destaques as externalidades negativas provocadas

pelas operações aeroportuárias, especialmente os impactos ambientais gerados pela: I) poluições atmosférica, sonora e visual; II) congestionamentos nas vias de acesso e saída de Viracopos; III) desapropriações de edificações e terrenos localizados no entorno de Viracopos para permitir sua ampliação; IV) possibilidades de acidentes no interior de Viracopos e nas suas proximidades; e V) alterações no solo, nos recursos hídricos, na fauna, flora, nos tipos de construções civis e nos elementos arqueológicos.

Na segunda possibilidade considera-se que Viracopos pode servir a Região de Campinas, devido ao apoio logístico integrado às atividades industriais que agrega valor às mercadorias, além do transporte de pessoas e de incorporar centros de negócios e serviços e o aeroporto industrial. Assim, seria capaz de gerar impactos econômicos que impulsionam o desenvolvimento por meio da atração, retenção ou expansão de atividades econômicas diversificadas, conforme segue: I) impactos econômicos diretos com renda auferida por aqueles que trabalham no aeroporto; II) impactos econômicos indiretos com renda auferida por empresas que suprem serviços e produtos para os aeroportos; III) impactos econômicos induzidos gerados pelos efeitos multiplicadores da renda auferida pelos empregados em atividades aeroportuárias; e IV) impactos econômicos catalisadores com renda gerada pela atração, retenção ou expansão de atividades econômicas devido às melhores condições de acessibilidade ao aeroporto como, por exemplo, a localização no seu entorno.

A possibilidade de Viracopos servir a Região de Campinas e de requalificar a localização estratégica de Campinas dependerá, no entanto, de como os Poderes Públicos (Federal, Estadual e Municipal) deverão solucionar o problema da acessibilidade a esse aeroporto. Pode haver deseconomias de aglomeração e redução do apoio logístico integrado às operações industriais oferecido por Viracopos, diante do

intenso fluxo de mercadorias e pessoas na direção deste aeroporto e do acesso somente pela Rodovia Santos Dumont, que tenderia ao esgotamento e elevaria os custos e o tempo gasto com transporte. Ademais, teríamos maiores impactos ambientais gerados pelos dispêndios de energia na rodovia, bem como pelas mencionadas características das atividades aeroportuárias; resultando em perdas na qualidade de vida.

Em grande medida, dependerá de como o aumento previsto da demanda anual em Viracopos (60 milhões de passageiros e 2 milhões de toneladas de mercadorias) poderá estimular ações integradas entre os Poderes Públicos constituídos na promoção da intermodalidade com o transporte ferroviário, disponível na Região de Campinas. Considere-se, por um lado, que todos os modais de transportes oferecem vantagens e desvantagens na prestação de serviços, sem, contudo, atender à todas as necessidades dos clientes (Mello, 1984). E, por outro, que os problemas atuais de circulação nas metrópoles são causados, principalmente, pela incompatibilidade entre as novas necessidades de mobilidade, como no caso de Viracopos, e os sistemas viários preexistentes concebidos no padrão da metrópole industrial (Cadaval e Gomide, 2002).

As principais rodovias que circundam Campinas como Anhangüera, Bandeirantes, Santos Dumont, D. Pedro I, Campinas-Mogi-Mirim já exercem a função de verdadeiras avenidas e apresentam conflitos de tráfego em diversos momentos do dia e da noite. O que decorre da centralização de atividades de serviços, comércio e lazer de dimensão metropolitana concentrados em Campinas como hotéis, shopping-

centers, hipermercados, condomínios industriais, centros aduaneiros, universidades, hospitais, entre outros.

Desse modo, os projetos de transportes metropolitanos como o Trem Expresso Bandeirantes, o Corredor Metropolitano Noroeste e o Anel Viário José Roberto Magalhães Teixeira (SP 83), devem estar integrados à ampliação de Viracopos, devido às mudanças na dinâmica urbana que tende a provocar. Trata-se de uma visão sistêmica do setor de transporte como atividade econômica que agrega valor às mercadorias e induz o desenvolvimento regional, com desdobramentos no país. Deve-se, porém, evitar deseconomias de aglomeração geradas pelo fluxo de passageiros e de mercadorias em Viracopos, como perdas de qualidade de vida e impactos negativos na atração de investimentos produtivos e para as empresas que utilizam o transporte aéreo.

O Trem Expresso Bandeirantes prevê a ligação entre Campinas, Jundiaí e o Terminal da Barra Funda, em São Paulo, por meio do aproveitamento dos leitos férreos disponíveis do período cafeeiro. Não está prevista conexão com Viracopos e demais municípios da Região de Campinas, apesar dos mesmos leitos férreos estarem disponíveis até o município de Americana. Assim, este projeto exclui a Antiga Estação Ferroviária de Campinas que poderia se tornar um ponto central de conexão com Viracopos, onde se poderia fazer *check-in's* para reduzir os deslocamentos pela Rodovia Santos Dumont.

Entre Americana e Campinas, por onde circulam diariamente 3,5 milhões de pessoas, está previsto o Corredor Metropolitano Noroeste (37 quilômetros de rodovia exclusiva para ônibus), sem integração com o transporte ferroviário por meio dos leitos férreos disponíveis e sem conexão com Viracopos.

Quanto ao Anel Viário, o governo do Estado de São Paulo prevê seu prolongamento entre as Rodovias Anhangüera



e Bandeirantes. Mas, numa visão sistêmica de transporte, o Anel Viário poderia ser complementado entre a “Estrada Velha de Indaiatuba” (SP 73) e a Rodovia Anhangüera para ampliar o acesso a Viracopos por meio rodoviário.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo procurou-se analisar a importância de Viracopos como infra-estrutura de transporte estratégica na dinâmica da economia do país e como indutor do desenvolvimento de Campinas e região, devido ao apoio logístico integrado às operações industriais que oferece como parte das estratégias de concorrência das grandes empresas instaladas no Brasil, especialmente aquelas que atuam no comércio internacional.

A consolidação do apoio logístico integrado às operações industriais oferecido atualmente por Viracopos dependerá, em grande medida, de como os Poderes Públicos (Federal, Estadual e Municipal) deverão solucionar o problema da acessibilidade a esse aeroporto, diante do aumento da mobilidade na região de Campinas provocada pelo crescimento do número de vôos de passageiros e de mercadorias. Foi destacado que os projetos de transportes metropolitanos, como o Anel Viário da SP 83, o Corredor Metropolitano Noroeste e o Trem Expresso Bandeirantes, precisam estar integrados ao contexto socioeconômico da ampliação de Viracopos. Numa visão sistêmica do transporte, esses projetos deveriam estar integrados entre si para otimizar recursos públicos e impulsionar o desenvolvimento nacional e regional, evitando-se, porém, deseconomias de aglomeração geradas pelo significativo fluxo de passageiros e de mercadorias em Viracopos, com impactos negativos

para a qualidade de vida das pessoas e na atração de investimentos produtivos para a região de Campinas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ballou, R. 2004. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial. são paulo: bookman.

Banco Nacional de Desenvolvimento econômico e Social 2002. Aviação regional brasileira (modal aéreo iv). in: informe infra-estrutura, nº 50, nov., p.32-41. Rio de Janeiro: bndes.

Cadaval, M. ; Gomide, A. 2002 Mobilidade urbana em regiões metropolitanas. in: livro verde: desafios para a gestão da região metropolitana de campinas. Fonseca, R. ; Davanzo, A. ; negreiros, r. (org.). campinas (sp): unicamp-ie.

Council of Logistics Management (CLM). 1995. World class logistics: the challenge of managing continuous change. oak brooks, 111.

Coutinho, L. ; Ferraz, J. (coord.) 1995 estudo da competitividade da indústria brasileira. campinas: papyrus - unicamp – ie.

Empresa Brasileira de Infra-estrutura Aeroportuária (Infraero). 2007. Aeroporto internacional de viracopos: revisão do plano diretor. campinas-sp: aeroporto internacional de viracopos.

Mello, J. Transportes e desenvolvimento econômico. 1984. Brasília: empresa brasileira dos transportes urbanos (ebtu).

Oliveira, L. 2004. A estratégia organizacional na competitividade: um estudo teórico. in: revista eletrônica de administração. porto alegre, vol. 10, n. 4, jul-ago. disponível em <http://read.adm.ufrgs.br> . acesso em novembro de 2007.

Porter, M. 2005. Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência. rio de janeiro: campus.

República Federativa do Brasil. 2007. Programa de aceleração do crescimento. disponível em: <http://www.brasil.gov.br/pac/> . acesso em 11 de outubro 2007.

Schumpeter, J. 1984. Capitalismo, socialismo e democracia. Rio de Janeiro: zahar.

site visitado [www.mdic.gov.br](http://www.mdic.gov.br)