



Dinâmica da Paisagem da Bacia do Rio Capim-PA¹

Aline Maria Meiguins de Lima² & Marcos Ximenes Ponte³

¹Trabalho extraído da Tese de Doutorado de Aline Maria Meiguins de Lima intitulada “Planejamento estratégico e a gestão da oferta hídrica baseados no estudo da paisagem, na bacia do rio Capim – Pa”, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos - NAEA, Universidade Federal do Pará – UFPA, Programa de Doutorado do Trópico Úmido.

²Professora, Dr^a, Universidade do Estado do Pará, Belém, Pa, Brasil. E-mail: alinemeiguins@gmail.com.

³Professor, Pós-Doc, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará, Belém, Pa, Brasil. E-mail: ximenes@ufpa.br.

Artigo recebido em 28/02/2012 e aceito em 28/05/2012

RESUMO

Este trabalho descreve os componentes e a dinâmica da paisagem da bacia do rio Capim no Estado do Pará, com o objetivo de identificar quais são seus sistemas mais relevantes. A metodologia adotada constou basicamente do estudo das variáveis relativas à: geologia, hidrogeologia, geomorfologia, solos, clima e cobertura vegetal; empregando a cartografia existente, técnicas de geoprocessamento, de sensoriamento remoto e levantamentos de campo. Os resultados obtidos mostram que a bacia do rio Capim pode ser subdividida em dois Sistemas de Terreno (Alto rio Capim e o Baixo-Médio rio Capim) e seis Unidades de Terreno (Palheta - Jari, Cajueiro - Pirajorara, Candiru - Açu, Carataua - Açu, Jamanxim - Itaquiteua Grande e Ararandeuá - Surubiju). Caracteriza-se por ser uma bacia de sexta ordem, de comportamento variável, associado às variações geológicas e de retrabalhamento superficial condicionado pelos processos fluviais. Estes últimos tornam as unidades Ararandeuá- Surubiju e Candiru-Açu as de dinâmica mais ativa e cujo comportamento pode implicar em mudanças no conjunto da bacia.

Palavras-chaves: rio Capim, paisagem, geomorfologia.

The Capim-PA River Basin Landscape Dynamics

ABSTRACT

This work describes the components and the landscape dynamics of the Capim river basin in Para State. The main purpose is to identify the most principals systems to the basin. In the methodology was used as variables: geology, hydrogeology, geomorphology, soils, climate and vegetal covering; the cartography existing, geoprocessing and remote sensing techniques and field surveys. The gotten results show that: the Capim river basin can be subdivided in two terrain systems (High Capim river and Low-Medium Capim river) and six terrain units (Palheta - Jari, Cajueiro - Pirajorara, Candiru - Açu, Carataua - Açu, Jamanxim - Itaquiteua Grande and Ararandeuá - Surubiju). It's characterized by a sixth order basin with changeable behavior, associate to geological variations and fluvial processes modeling. The units Ararandeuá- Surubiju and Candiru-Açu showed the more active dynamics and whose behavior can imply in stronger basin changes.

Key words: Capim river, landscape, geomorphology.

1. Introdução

O estudo e a caracterização da paisagem têm sido empregados para diversas finalidades, desde o planejamento territorial a

temas mais voltados a avaliação de ecossistemas. A técnica passou a ser bastante usada como critério de entendimento da dinâmica das mudanças com o tempo.

* E-mail para correspondência: alinemeiguins@gmail.com (Lima, A. M. M.).

Para entender a paisagem é necessário associá-la a parâmetros de composição, conectividade, estrutura, integralidade, funcionalidade e organização, além de um parâmetro livre, a complexidade, que acompanha o sistema durante toda a sua evolução (Tricart & Kilian, 1982; McGregor & Thompson, 1995; Uhlmann, 2002). Esta resposta diferenciada está relacionada à diversidade dos ambientes que compõem uma paisagem, como por exemplo, a bacia hidrográfica, dotados de resistências próprias e relações sinérgicas, onde cada elemento componente passa a requerer estratégias individualizadas que sejam capazes de atender suas demandas e explorar de forma mais adequada suas potencialidades (Brunsdén & Thornes, 1979; Ahnert, 1996; Thomas, 2001; Barima et al, 2010).

A análise da dinâmica da paisagem permite avaliar a resistência natural da mesma, ou seja, sua habilidade em resistir às mudanças. Uma vez que, nem todas as partes do sistema recebem exatamente o mesmo número, seqüência, freqüência e duração de um ou mais processos; cada componente da paisagem tem uma capacidade diferente de armazenamento da energia, mecanismo de troca de calor, resposta de reação, tempo de relaxamento, resiliência, tolerância, e conseqüentemente sensibilidade (Allison & Thomas, 1993; Brunsdén, 2001). Logo, implica conseqüentemente em uma instabilidade condicional no sistema, com a possibilidade de mudança rápida e irreversível

(Thomas, 2001; Brunsdén, 2001; Thomas, 2004).

Allison e Thomas (1993), Downs e Gregory (1993), Thomas e Simpson (2001) reforçam que um dos mais importantes aspectos desta abordagem envolve a ação antrópica, que age diretamente nesta capacidade e velocidade de resposta do sistema (Burt et al, 1993; Walker et al, 2004; Shi et al, 2008), uma vez que sua intervenção pode ser tão significativa (ex: obras hidráulicas de grande porte – canalizações) a ponto de modificarem de forma permanente um sistema (ex: mudança do leito natural de rios, alterando características como vazão e carga sedimentar em suspensão).

Com o objetivo de avaliar a dinâmica da paisagem da bacia do rio Capim, foram identificados seus principais componentes morfoestruturais e analisados segundo seu comportamento e resiliência, esta última avaliada segundo a capacidade de manutenção da oferta hídrica da bacia. A bacia do rio Capim foi escolhida tanto por sua importância econômica, encontra-se no eixo de maior circulação de pessoas e produtos do Estado do Pará, quanto por se tratar de uma típica bacia da região Amazônica em processo avançado de transformações desde o início da década de 90.

2. Metodologia Aplicada

A bacia do rio Capim está localizada no nordeste do Estado do Pará (Figura 1), compondo o eixo de maior circulação

econômica do Estado direcionado ao longo da Rodovia Belém-Brasília (BR 010). Destaca-se por concentrar ações de infra estrutura e voltadas ao desenvolvimento econômico local, tais como: a hidrovía Guamá-Capim, a

implementação de projetos industriais e mineiros e os decorrentes da expansão das atividades extrativista (madeira) e agropecuária, nos municípios da região.

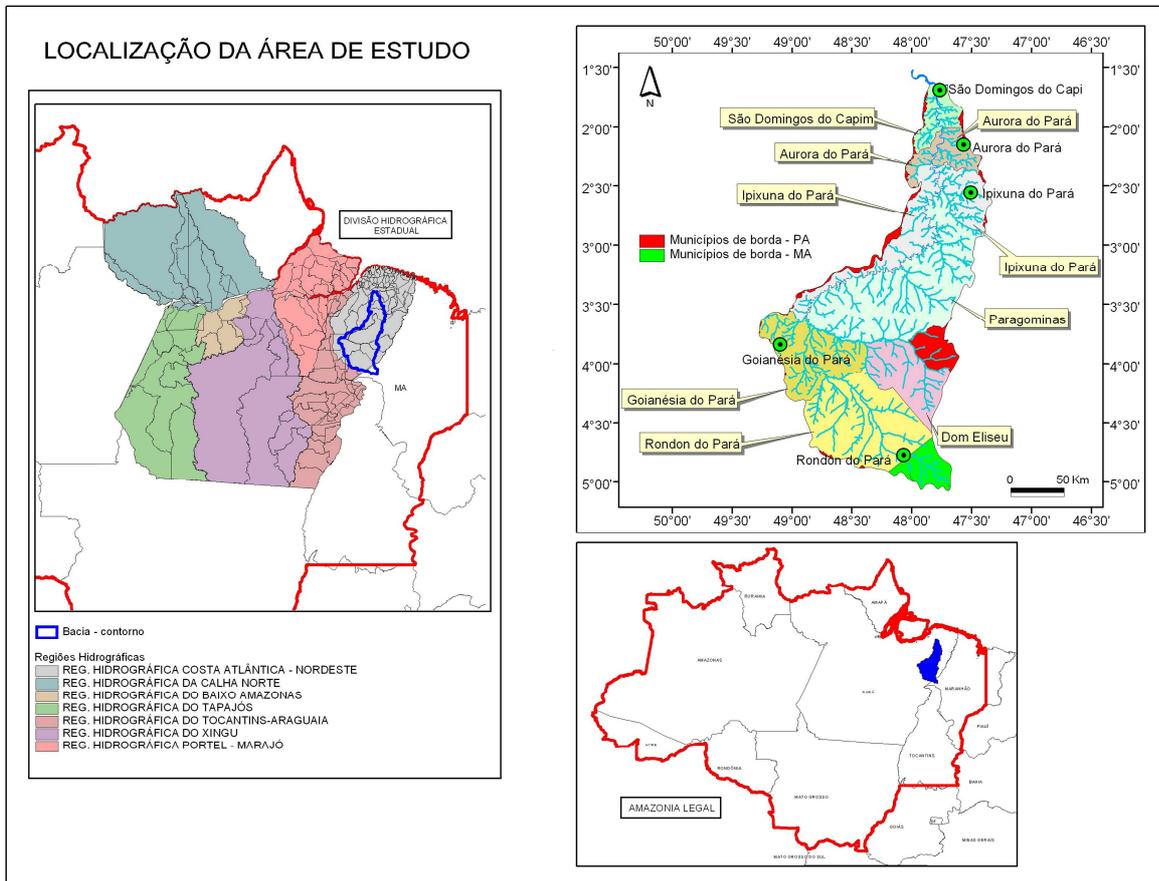


Figura 1. Localização da bacia do rio Capim no Estado do Pará.

No desenvolvimento da base de informações foram empregados:

a) Base textual e passível de tabulação em planilhas: levantamento bibliográfico, envolvendo a pesquisa e a coleta de material existente sobre a região de abrangência da bacia do rio Capim; os dados hidrológicos disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA); as informações e pontos georeferenciados com base nos registros das etapas de campo.

b) Base cartográfica: Mapeamento Geológico do Brasil, realizado pela CPRM - Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (2000), incluindo as informações hidrogeológicas; Sistema de Informações Georreferenciadas de Energia e Hidrologia - HIDROGEO, disponibilizado pela ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica (2000); Base de dados em CD ROM, disponibilizada pelo Ministério do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (2002); Conjunto de Folhas da Carta

Integrada do Brasil ao Milionésimo, produzidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), disponibilizadas em CD ROM (2003); Base de dados georreferenciada do Estado do Pará - GEOPARÁ (2004), produzida pelo Governo do Estado do Pará; e Base de informações hidroclimatológicas, presentes em Lima et al (2005).

c) Cartas imagem: Imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), cartas de elevação do terreno (com dados topográficos), com resolução de 90m, produzidas a partir de imageamento de radar acoplado a um satélite, fornecidas pela National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) e pela National Aeronautics and Space Administration (NASA), disponibilizadas a partir de junho de 2003. O documento base de referência para aplicação foi Valeriano (2004).

d) Programas de digitalização, armazenamento, processamento e análise: Programas de geoprocessamento e processamento digital de imagens - Auto Cad Map, Arc View, Global Mapper e Spring.

A sistemática adotada constou da elaboração de cartas temáticas bases para determinação espacial do comportamento da bacia segundo os parâmetros: Climáticos (Umidade – U, Temperatura – T, Classificação climática – Cc, Deficiência hídrica – Dfh, Precipitação pluviométrica – Prp); Perfil de alteração (Geologia – G; Solos – S); Modelo de terreno (Geomorfologia – Gm, Declividade – Dcv); Regime hídrico

(Quantidade de água superficial, vazões segundo as séries históricas das estações monitoradas pela ANA no rio Capim – Qsp; Hidrogeologia – Hgeo); e Cobertura vegetal (Tipologia – Cvt). Estas foram associadas às variáveis morfométricas da rede de drenagem e individualizados na bacia de acordo com suas Unidades de Terreno (Lollo & Zuquette, 1996). As Unidades de Terreno da bacia do rio Capim foram descritas acoplado as características tipicamente morfológicas àquelas relacionadas à sua dinâmica.

A análise estruturada dos elementos identificados foi realizada por meio da integração entre os diversos componentes mapeados na bacia empregando os métodos de superposição e matrizes (Leopold et al, 1971; Le Sann, 2005; Roff et al, 2008). Estes permitiram adotar uma sistemática ponderação de pesos onde foram estabelecidas categorias que avaliavam individualmente cada um destes segundo sua contribuição para manutenção da oferta hídrica da bacia por Unidade de Terreno caracterizada (reconhecendo-se assim a contribuição do estudo das partes para se entender o todo da bacia).

A sequência de análise adotada visou ordenar as variáveis de forma a deixar as informações mais claras e bem definidas (20 variáveis, analisadas em cada uma das 06 Unidades de Terreno, totalizando 120 células). Estas foram analisadas individualmente atribuindo-se pesos conforme sua capacidade de favorecer ou não a

manutenção do sistema hídrico da bacia (Leopold et al, 1971; Lenz & Engledow, 1986; UNEP, 2004). E a seguir distribuídos conforme a Matriz de Impactos Cruzados de Multiplicação Aplicada a uma Classificação (MICMAC) que tem como objetivo determinar as relações indiretas entre as variáveis e classificá-las segundo uma tipologia baseada no seu grau de motricidade e dependência (LIPSOR, 2005).

As categorias definidas foram: Tornam a bacia dependente de fatores externos (Não favorecem ou muito pouco a manutenção dos sistemas hídricos – Peso 1; Pouco favorecem a manutenção dos sistemas hídricos – Peso 2); Atuam moderadamente na garantia da disponibilidade hídrica da bacia (Favorecem moderadamente para a manutenção dos sistemas hídricos – Peso 3); e Garantem a sustentabilidade da bacia (Favorecem altamente com algumas restrições para a manutenção dos sistemas hídricos – Peso 4; Favorecem significativamente sem restrições para a manutenção dos sistemas hídricos – Peso 5).

O resultado da média ponderada dos pesos por Unidade de Terreno indicou um comportamento esperado no relativo à manutenção da oferta hídrica da bacia, avaliando-se os aspectos biofísicos, sendo este traduzido na forma de Sensibilidade da Paisagem (S) (Allison & Thomas, 1993; Thomas, 2001; Brunsden, 2001; Thomas, 2004). Segundo Usher (2001) esta pode ser traduzida como o reflexo sofrido no sistema

pelas modificações impostas aos seus componentes, com base na seguinte escala: Sensibilidade alta - as mudanças ocorridas nas partes estão se redistribuindo uniformemente no todo, gerando compensação de efeitos ($S = 1$); Sensibilidade moderada - as mudanças ocorridas nas partes estão encontrando resistência ou não apresentam intensidade suficiente para afetar o todo ($1 > S \geq 0,1$); e Sensibilidade muito baixa - as mudanças ocorridas nas partes estão encontrando forte resistência e uma rápida capacidade de recuperação (alta resiliência), não gerando mudanças na paisagem ($S < 0,1$).

3. Resultados e Discussões

A bacia hidrográfica do rio Capim localiza-se na região nordeste do estado do Pará, fazendo parte da Região Hidrográfica Costa Atlântica-Nordeste, conforme divisão estadual proposta em Lima et al, (2005); e da Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia, segundo divisão federal definida pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (Resolução do CNRH nº 32/2003). Com uma área total de 37.485,75 km², desta 95,22 % estão no estado do Pará e 4,78% no estado do Maranhão (Figura 2). O canal principal, o rio Capim, apresenta aproximadamente 764,820 km de extensão, considerando desde a sua foz com o rio Guamá, até a confluência com as bacias dos rios Surubiju e Ararandeuá.

É navegável desde sua foz situada junto à cidade de São Domingos do Capim até a foz do rio Potiritá, próximo a Vila de Canaã,

nascendo nas proximidades da Serra dos Coroados, no sudeste do estado do Pará. A hidrografia da bacia foi dividida em 25 sub-

bacias considerando o sistema de ordem de canais definido por Strahler (1952) e o modelo funcional de Schumm (1973).

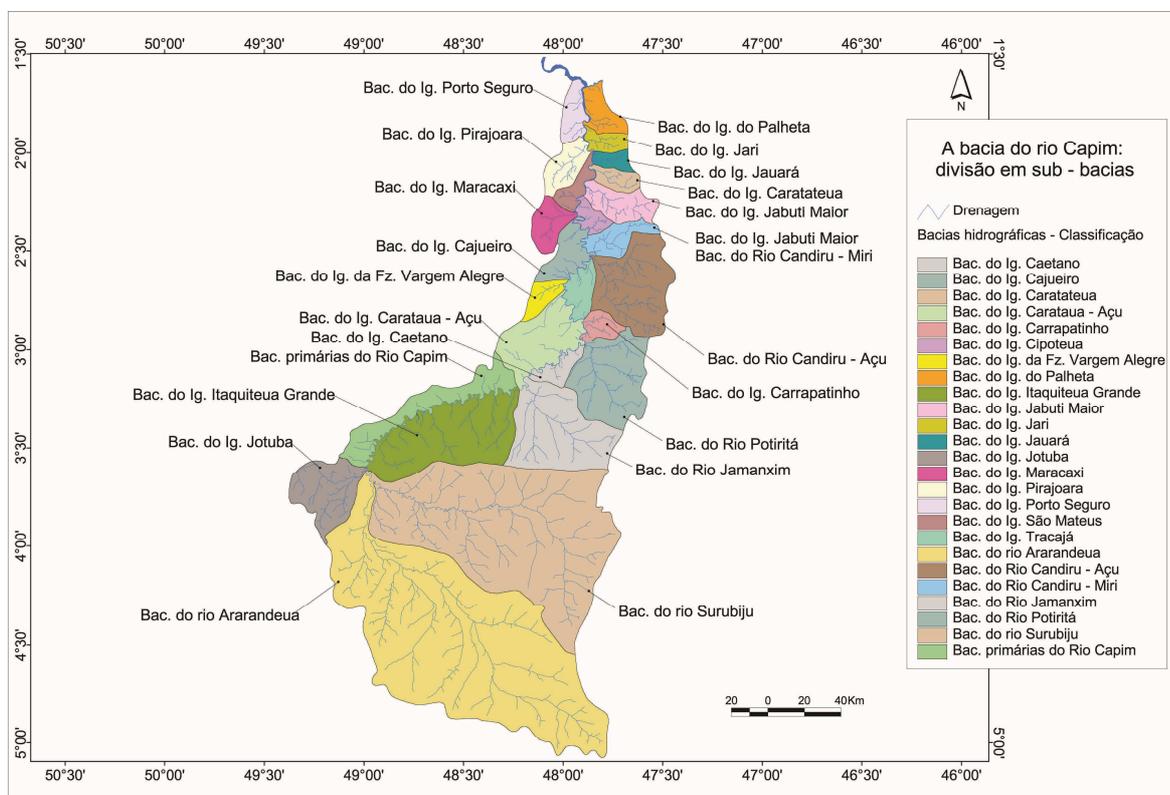


Figura 2. A rede hidrográfica da bacia do rio Capim, dividida em 25 sub – bacias.

A bacia do rio Capim obteve segundo a rede traçada a 6ª Ordem. Schumm (1973) atribui uma funcionalidade a este ordenamento estabelecendo três zonas fundamentais: de produção, de transferência e de deposição. Para caracterizar estas zonas na bacia do rio Capim foram configurados dois setores distintos: o Alto rio Capim e o Baixo - Médio rio Capim (Figura 3); individualizados por formas de relevo e declividades diferenciadas. Assim as sub-bacias que indicam maior grau de retrabalhamento do relevo são consideradas produtoras; e as que apresentam um maior número de formas residuais, são ditas de transição e deposição.

Esta tem a forma de um retângulo alongado e rede de drenagem irregular, devido à declividade da região, com forte controle tectônico de seus tributários. As larguras variam em média: no trecho superior, de planície - 200 m; na região intermediária - 300 m; próximo à desembocadura no rio Guamá - 2000 a 3000 m.

Na caracterização da rede de drenagem foram empregados os conceitos definidos em Christofolletti (1974), Christofolletti (1999) e Guerra e Cunha (2001), relativos a modelos descrevendo processos em bacias hidrográficas (Tabela 1).

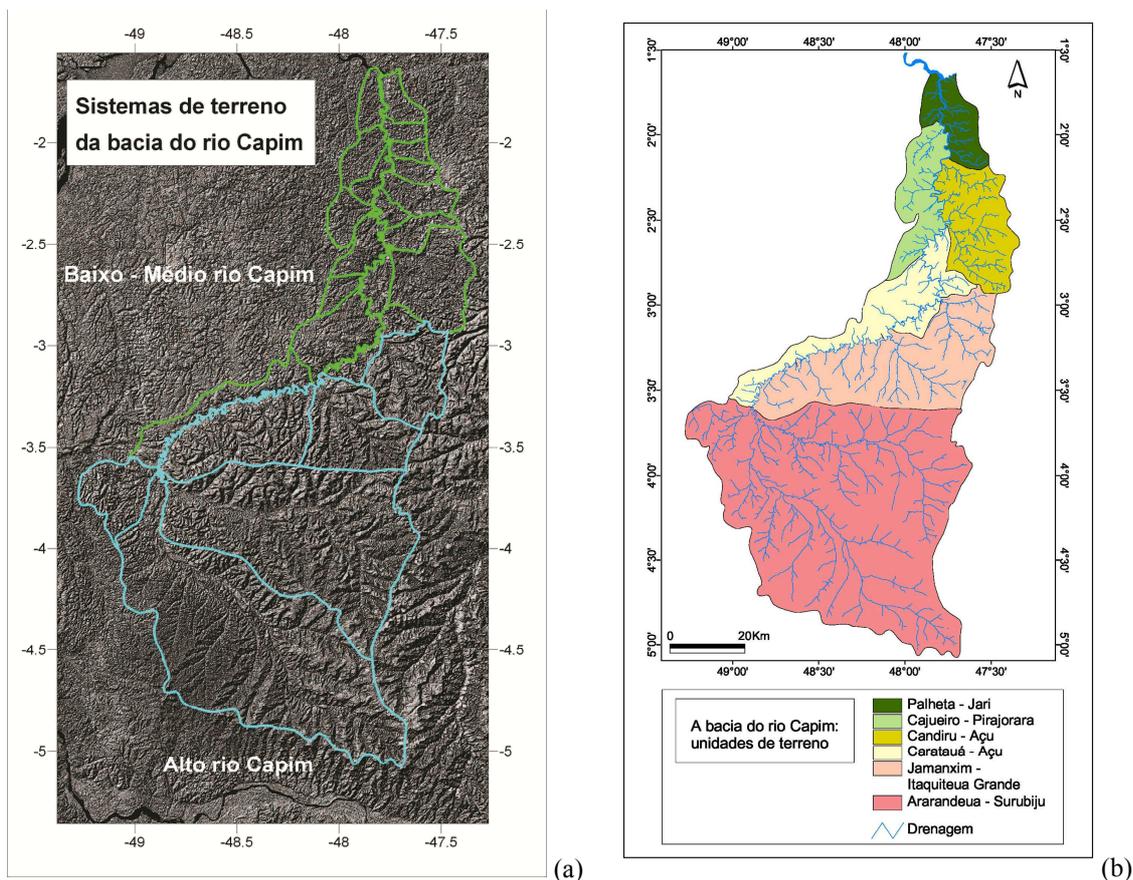


Figura 3. (a) Sistemas de terreno; (b) Unidades de Terreno.

Tabela 1. Caracterização morfométrica da bacia do rio Capim.

Sub-bacia	Cod	A (km ²)	H (m)	Dd	Dh	Ir	Per (km)	Ic	Lb (km)	Lt (km)
Ig. Palheta	Sb 01	404,42	51,00	0,44	0,12	0,02	102,69	0,120	2,24	176,31
Ig. Jari	Sb 02	248,25	49,00	0,63	0,25	0,03	75,86	0,136	22,87	155,21
Ig. Juruará	Sb 03	197,38	27,00	0,55	0,18	0,01	66,74	0,139	19,74	107,58
Ig. Carataeuá	Sb 04	280,30	33,00	0,57	0,26	0,02	77,14	0,148	24,27	158,51
Ig. Jabutí Maior	sb 05	630,33	47,00	0,50	0,15	0,02	121,94	0,133	43,47	312,84
Ig. Cipoteuá	sb 06	235,00	61,00	0,65	0,36	0,04	92,05	0,087	11,16	152,63
Rio Candiru-Miri	sb 07	475,66	76,00	0,43	0,12	0,03	119,97	0,104	33,43	204,57
Rio Candiru-Açu	sb 08	1870,55	68,00	0,49	0,14	0,03	194,17	0,156	56,19	923,69
Ig. Tracajá	sb 09	399,04	84,00	0,41	0,14	0,03	118,33	0,090	33,35	163,33
Ig. Carrapatinho	sb 10	285,40	94,00	0,51	0,15	0,05	78,52	0,145	23,80	144,92
Rio Potiritá	sb 11	1834,25	136,00	0,46	0,14	0,06	189,09	0,161	55,28	834,79
Ig. Caetano	sb 12	298,40	98,00	0,39	0,11	0,04	120,51	0,065	13,28	116,10
Rio Jamaxim	sb 13	2263,35	121,00	0,36	0,09	0,04	216,19	0,152	65,19	811,83
Ig. Itaqueitua Grande	sb 14	2689,54	79,00	0,32	0,06	0,03	354,73	0,067	47,36	863,82
Rio Surubiju	sb 15	8426,34	101,00	0,33	0,08	0,03	456,88	0,127	177,72	2741,78
Rio Ararandeuá	sb 16	10742,62	164,00	0,31	0,06	0,05	567,13	0,105	215,94	3326,41
Ig. Rio Verde	sb 17	1178,05	92,00	0,48	0,16	0,04	157,57	0,149	46,77	562,13
Bacias primárias	sb 18	1215,88	83,00	0,25	0,05	0,02	393,56	0,025	14,70	302,22
Ig. Carataua-Açu	sb 19	1332,59	84,00	0,28	0,06	0,02	233,99	0,076	25,06	374,75
Ig. da Fz. Vargem Alegre	sb 20	286,47	80,00	0,43	0,10	0,03	84,64	0,126	31,56	121,94
Ig. Tracajá	sb 21	564,95	80,00	0,36	0,08	0,03	162,06	0,068	20,28	204,55
Ig. Maracaxi	sb 22	475,43	60,00	0,39	0,09	0,02	92,45	0,175	28,06	186,89
Ig. São Mateus	sb 23	281,43	40,00	0,35	0,12	0,01	104,98	0,080	12,74	99,68
Ig. Pirajoara	sb 24	498,53	51,00	0,50	0,14	0,03	102,29	0,150	36,75	250,06
Ig. do Porto Seguro	sb 25	371,60	44,00	0,44	0,12	0,02	95,52	0,128	14,80	164,39

Onde: Área (A); Amplitude altimétrica da bacia (H); Densidade de drenagem (Dd); Densidade de hidrográfica (Dh); Índice de rugosidade (Ir); Perímetro (Per); Índice de Forma (Ic); Comprimento da bacia (Lb) e Comprimento total dos canais da bacia (Lt).

Os dados fluviométricos indicam valores de vazão que variam de 1000 a 200 m³/s e de 400 a 50 mm/mês ilustrando uma variação de fluxo que deve ser considerada no momento da locação de oferta hídrica.

A partir da caracterização física do relevo e da rede de drenagem, foram definidos como Sistemas de Terreno 02 (dois) compartimentos estruturais diferenciados, o Alto rio Capim e o Baixo – Médio rio Capim; e 06 (seis) Unidades de Terreno: Palheta - Jari, Cajueiro - Pirajorara, Candiru - Açú, Carataua - Açú, Jamanxim - Itaquiteua Grande e Ararandeuá – Surubiju (Figura 3b).

Em relação à classificação geomorfológica, representada pelos Domínios ou Unidades Morfoestruturais (RADAMBRASIL, 1976; Ross, 1992; IBGE, 1997), tanto o Alto quanto o Baixo-Médio Capim são formados por duas Unidades Morfoestruturais e Morfoclimáticas: o Planalto Rebaixado da Amazônia (PRA) e Planalto Setentrional Pará-Maranhão (PSPM); ambos pertencentes ao grande Domínio dos Planaltos Amazônicos Rebaixados e Dissecados.

Os Quadros de 1 e 2 apresentam a caracterização realizada para cada uma das Unidades de Terreno identificadas.

Na integração dos componentes da paisagem da bacia do rio Capim foi

empregada uma Matriz de Correlação, baseando-se no pressuposto da existência de um relacionamento entre as variáveis responsáveis pela dinâmica da bacia.

A aplicação da Matriz de Correlação permite realizar uma análise comparativa, onde é possível individualizar relações existentes entre as variáveis (Leopold et al, 1971; UNEP, 2004; Le Sann, 2005; LIPSOR, 2005; Roff et al, 2008) considerando a contribuição destas para manutenção da oferta hídrica da bacia.

Na sua composição foram empregados 05 grupamentos que reúnem os elementos identificados como os principais intervenientes da dinâmica da paisagem da bacia: Climáticos (Umidade – U, Temperatura – T, Classificação climática – Cc, Deficiência hídrica – Dfh, Precipitação pluviométrica – Prp); Perfil de alteração (Geologia – G; Solos – S; Dinâmica do sistema – Ds); Modelo de terreno (Geomorfologia – Gm, Amplitude altimétrica – H, Declividade – Dcv, Índice de rugosidade – Ir); Regime hídrico (Ordem da bacia – Ob, Densidade de drenagem – Dd, Densidade hidrográfica – Dh, Quantidade de água superficial – Qsp, Hidrogeologia – Hgeo); e Cobertura vegetal (Tipologia – Cvt, Percentual de área sem cobertura vegetal – Pcv, Grau de cobertura das matas ciliares e das nascentes – Gmcn).

Quadro 1. Características da dinâmica do relevo: (1) Aspectos morfoestruturais do relevo; (2) Aspectos estruturais da drenagem - Canal principal; (3) Dinâmica fluvial; (4) Modelo da paisagem; das UTs - Jamanxim - Itaquiteua Grande, Ararandeuá – Surubiju e Carataua-Açu.

UT Jamanxim - Itaquiteua Grande	
1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dissecação em ravinas e vales encaixados; e colinas de topo aplainado. ▪ Terraços fluviais com depósitos inconsolidados, apresentando lagoas em alguns trechos, podendo estar pediplanados.
2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Padrão: meandrante, com meandros mais fechados, até se tornar fortemente meandrante. ▪ Ordem: 6° ; Controle estrutural: NE – SW.
3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Área de dinâmica intensa; com a presença de terraços e planícies aluviais estreitos. ▪ Superfícies pediplanadas e tabulares erosivas associadas a altas declividades. ▪ A drenagem fortemente entalhada indica retrabalhamento recente, sobre as rochas da Formação Ipixuna, Itapecuru e Sedimentos Detríticos Terciários.
4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Escoamento superficial com forte condicionante estrutural, traduzido pelo controle linear da drenagem segundo NW – SE, ocorrendo localmente segundo N – S, NE - SW e E - W. Amplitude altimétrica e declividades altas; densidade de drenagem média a alta, e índice de rugosidade médio a alto. ▪ Vales abertos, com vertentes côncavas e côncavo - retilíneas; associados a processos erosivos atuantes, influenciados pelo escoamento superficial e condicionante estrutural. ▪ Topos tabulares, com vertentes convexas e côncavo - retilíneas; associados a vales abertos e encaixados. Amplitude altimétrica e declividades variáveis de médias a altas.
UT Ararandeuá – Surubiju	
1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dissecação em ravinas: vales encaixados e interflúvios tabulares. ▪ Dissecação em colinas de topo aplainado: com ravinas e vales encaixados.
2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Padrão: fortemente meandrante. ▪ Ordem: 6° ; Controle estrutural: N – S.
3	<ul style="list-style-type: none"> • Dinâmica intensa dos afluentes principais que formam as cabeceiras do rio Capim – os rios Ararandeuá e Surubiju. • A drenagem encontra-se fortemente estruturada sobre os sedimentos detrítico - lateríticos e os arenitos e siltitos da Formação Itapecuru; apresentando forte controle estrutural, onde predominam duas direções principais: SE – NW e SW-NE; e duas secundárias: S-N e E-W. • As sub - bacias componentes desta unidade estruturam um relevo formado por vales encaixados em interflúvios tabulares, colinas com topos aplainados, e localmente colinas associadas a vales pouco profundos.
4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O escoamento superficial com forte condicionante estrutural, traduzido pelo controle linear da drenagem segundo NE-SW e NW-SE, ocorrendo localmente segundo N-S e E-W. ▪ Amplitude altimétrica e declividades consideradas as mais altas da bacia; densidade de drenagem média a alta, e índice de rugosidade alto. ▪ Topos tabulares ou formados por colinas de topo aplainado; com amplitudes altimétricas e declividades altas. ▪ Vales fechados, com vertentes côncavas e retilíneas, associados a processos erosivos atuantes, influenciados pelo escoamento superficial e por condicionantes estruturais; e abertos e largos, com vertentes côncavas e largos terraços fluviais, associados aos processos erosivos e deposicionais atuantes.
UT Carataua-Açu	
1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dissecação em colinas de topo aplainado: superfícies aplainadas por vales pouco aprofundados. ▪ Dissecação em colinas de topo aplainado, com ravinas e vales encaixados. ▪ Terraços fluviais com depósitos inconsolidados, lagoas em alguns trechos, podendo estar pediplanados.
2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Padrão: meandrante, com meandros mais fechados, até se tornar fortemente meandrante. ▪ Ordem: 6° ; Controle estrutural: N – S, gradando para NE – SW.
3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zona de terraços estreitos, onde a bacia apresenta as menores larguras. Dominada por canais de primeira e segunda ordem é uma área encaixada topograficamente entre o divisor da bacia do Capim com a bacia do rio Acará. ▪ Ocorrência de áreas sujeitas a inundações, e de lagoas marginais. Nas áreas de terra firme ocorrem superfícies pediplanadas erosivas, da Formação Ipixuna e sedimentos detríticos.
4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Escoamento superficial controlado por lineamentos da drenagem orientados segundo NE-SW e NW-SE. ▪ Amplitudes altimétricas médias e declividades variadas, com ocorrência de superfícies planas; densidade de drenagem média a baixa, e índice de rugosidade médio a baixo. ▪ Vales abertos, com vertente côncava; associados aos processos erosivos e deposicionais atuantes; com terraços fluviais amplos. ▪ Vales fechados, com vertentes convexas; associados a processos erosivos. Formados por colinas de topo aplainado. ▪ Topos tabulares, com vertentes convexas e côncavo – retilíneas; associados a vales fechados e largos, com vertentes convexas e retilíneas.

Quadro 2. Características da dinâmica do relevo: (1) Aspectos morfoestruturais do relevo; (2) Aspectos estruturais da drenagem - Canal principal; (3) Dinâmica fluvial; (4) Modelo da paisagem; das UTs - Candiru-Açu, Palheta-Jari e Cajueiro – Pirajoara.

UT Candiru-Açu	
1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dissecação em interflúvios tabulares: forma com entalhamento profundo de talvegue em relevos tabulares.
2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Padrão: meandrante, localmente anastomosado pela presença de ilhas. ▪ Ordem: 6°; Controle estrutural: N – S, com ilhas aluviais orientadas neste sentido.
3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A largura do rio Capim neste é em torno de 100 m e a passagem do canal fluvial para os terrenos marginais ocorre a partir de barrancos com alturas variáveis entre 1 e 3 m, até 20 m. ▪ As áreas sujeitas a inundações e com presença de lagoas marginais são presentes na forma de planícies aluviais. ▪ Nas áreas de terra firme ocorrem superfícies pediplanadas e tabulares erosivas, que constituem áreas aplainadas e elevadas, com limites constituídos por escarpas e rebordos erosivos, da Formação Ipixuna.
4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Escoamento superficial controlado por lineamentos da drenagem orientados segundo NW – SE, localmente ocorrem NE – SW, N – S e E – W. ▪ Amplitudes altimétricas médias e declividades médias a baixas; densidade de drenagem média a alta, e índice de rugosidade médio. ▪ Vales abertos, com vertente côncava; associados aos processos erosivos e deposicionais atuantes; com terraços fluviais amplos. Topos tabulares aplainados. ▪ Vales fechados e largos, com vertentes convexas e retilíneas; formando entalhamentos marcantes do talvegue em relevos tabulares.
UT Palheta-Jari	
1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Superfícies pediplanadas: aplainamentos em retomada de erosão recente.
2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Padrão: meandrante, localmente anastomosado pela presença de ilhas. ▪ Ordem: 6°; Controle estrutural: N – S, com ilhas aluviais orientadas neste sentido.
3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Na área sob influência das marés a largura do rio Capim é em geral superior a 1 km, a passagem do canal fluvial para as margens neste compartimento é gradual, não havendo presença de barrancos ou diques marginais. ▪ As formas de relevo predominantes são os terraços aluviais, que se constituem em formas de acumulação, com topografia plana, disposta em faixas adjacentes ao longo do rio, estas formas de relevo sofrem inundações localizadas e pouco freqüentes, mas o fato de serem áreas inteiramente recobertas por depósitos aluvionares sugere uma maior extensão da planície de inundação. ▪ Em níveis altimétricos mais elevados, os terraços fluviais cedem lugar às superfícies pediplanadas, formas do relevo aplainadas, com domínio de declividades muito baixas e presença da Formação Barreiras.
4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Escoamento superficial controlado por lineamentos da drenagem orientados segundo NW – SE, localmente ocorrem NE – SW, N – S e E – W. ▪ Amplitudes altimétricas médias e declividades médias a baixas; densidade de drenagem média a alta, e índice de rugosidade baixo. ▪ Vales abertos, com vertente côncava; associados aos processos deposicionais atuantes. Predominando baixas declividades. ▪ Vales abertos, com vertente côncava; com terraços fluviais bem definidos; e topos tabulares aplainados.
UT Cajueiro – Pirajoara	
1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Superfícies pediplanadas: aplainamentos em retomada de erosão recente. ▪ Dissecação em colinas de topo aplainado: superfícies aplainadas por vales pouco aprofundados.
2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Padrão: meandrante, com meandros mais fechados. ▪ Ordem: 6°; Controle estrutural: N – S.
3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Marca a transição onde a largura do rio é bastante inferior àquela presente a jusante. ▪ A passagem do canal fluvial para as margens ocorre ora de forma gradual, ora em barrancos, os quais se tornam mais altos no sentido montante. ▪ A presença de taludes estabilizados, indica zonas de erosão, em antigos terraços.
4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Escoamento superficial é fracamente orientado segundo NW – SE e NE – SW. ▪ Amplitudes altimétricas e declividades médias a baixas; densidade de drenagem média a alta, e índice de rugosidade médio a baixo. ▪ Vales abertos e largos, com vertente côncava; associados com terraços fluviais amplos e topos tabulares aplainados. ▪ Vales fechados, com vertentes convexas; associados aos processos erosivos. Formados por colinas de topo aplainado.

O resultado da aplicação da MICMAC (Tabela 2) mostrou que os fatores naturais contribuem significativamente para o equilíbrio da bacia do rio Capim (predomínio do padrão moderado) e que qualquer alteração nestes, se continuada, implicará em maior tempo de reabilitação do sistema, na seguinte ordem: Ararandeuá- Surubiju; Candiru-Açu; Jamanxim - Itaquiteua Grande; Carataua – Açu; Cajueiro – Pirajorara; e Palheta – Jari.

Em termos de Sensibilidade da Paisagem (S) tendo como referência apenas a alínea de maior dependência das variáveis e

considerando-se os valores inteiros (não percentuais), obtêm-se: Ararandeuá- Surubiju (0,71); Candiru-Açu (0,28); Jamanxim - Itaquiteua Grande (0,28); Carataua – Açu (0,28); Cajueiro – Pirajorara (0,14); e Palheta – Jari (0,14).

A formulação da análise, incluindo o processamento de um grande número de variáveis, denota a complexidade do estudo de bacias hidrográficas no âmbito da composição dos fatores que interferem em sua dinâmica.

Tabela 2. Variáveis de ligação como indicadoras de sensibilidade da bacia.

% de variáveis que contribuem para a manutenção dos sistemas hídricos	Classificação das variáveis	Ararandeuá - Surubiju	Cajueiro - Pirajorara	Candiru - Açu	Carataua - Açu	Jamanxim - Itaquiteua Grande	Palheta - Jari
Tornam a bacia dependente de fatores externos	Variáveis de resultado: pouco motrizes e muito dependentes (são muito condicionadas pela dinâmica do sistema e exercem pouca influência sobre ele)	71,43	14,29	28,57	28,57	28,57	14,29
Atuam moderadamente na garantia da disponibilidade hídrica da bacia	Variáveis de ligação: muito motrizes e muito dependentes (ocupam uma posição de charneira, sendo objeto de fortes influências, propagam estas ao conjunto do sistema).	14,29	71,43	42,86	42,86	71,43	57,14
Garantem a sustentabilidade da bacia	Variáveis de motrizes: variáveis muito motrizes e pouco dependentes (influenciam a dinâmica do sistema, mas são pouco condicionadas por ele).	14,29	14,29	28,57	28,57	0,0	28,57

Em Lima e Ponte (2009) é apresentado o detalhamento da metodologia, incluindo a

inclusão das variáveis socioeconômicas que ampliam o grau de incerteza quanto aos

fatores que interferem na oferta hídrica, onde as relações de causa e efeito aplicadas aos componentes biofísicos não podem ser empregadas da mesma maneira com estes; pois, como afirma Le Sann (2005) além de respeitar os critérios escolhidos é necessário respeitar a lógica de significado da informação a ser tratada. Barima et al (2010) indicam que no modelamento as tendências obtidas parte-se da hipótese do potencial de cada variável e sua influencia na dinâmica da paisagem bacia hidrográfica.

O objeto de avaliação, referente à manutenção da oferta hídrica da bacia, refletiu-se na percepção espacial da paisagem, conforme empregado por Hernandez et al (2003), permitindo a descrição dos padrões estruturais componentes e seu comportamento motriz/dependente. Com isto foi possível diferenciar a resposta tanto em termos dos Sistemas de Terreno adotados (Alto rio Capim e o Baixo-Médio rio Capim) quanto no relativo às Unidades de Terreno componentes. Identificando nas maiores altitudes da bacia, onde ocorre um forte entalhamento do sistema e a presença dos afluentes principais que formam as cabeceiras do rio Capim (os rios Ararandeuá e Surubiju), a área de maior sensibilidade.

Hampshire County Council (2006) consideram que a avaliação de sensibilidade os fatores componentes da paisagem devem ser decompostos em termos de seus atributos e analisados ponderando sua influencia individual e composta. Leopold et al (1973)

antecipou esta linha de raciocínio quando estabeleceu que as relações que traduzem o comportamento das variáveis ambientais devem ser consideradas por meio de análises de causa-efeito. Porém, como ressalta Lichstein (2007) tal formulação de análise pode gerar questionamentos seja pela relação linear de análise (existem relações espaciais que necessitam de formulações mais complexas) ou pela independência (motricidade) de certos fatores cujos condicionantes de comportamento ultrapassam o limite da bacia (ex. fatores climáticos).

Shia et al. (2008) em concordância com Lima e Ponte (2009) reconhecem que este modelo de avaliação da dinâmica de paisagens (considerando como unidade a bacia hidrográfica) não é estático e tem uma forte variação com o tempo. Tal variação implica no aumento de incertezas de respostas e consequentemente da resiliência do sistema com a inserção da variável antrópica; resultando em uma mudança na estabilidade individual dos fatores componentes da paisagem, em sua estruturação e arranjo espacial.

4. Conclusão

O estudo da paisagem é uma importante ferramenta para a compreensão de sistemas complexos com muitas variáveis associadas; a percepção da sua dinâmica e da integração de seus componentes permite a compreensão do todo sem que seja perdida a informação de

seus componentes individuais.

A decomposição da paisagem formadora da bacia do rio Capim e sua posterior integração permitiram traçar seu perfil e funcionamento. Esta se caracteriza por ser uma bacia de sexta ordem, de comportamento variável, associado à formação geológica e as consequências do retrabalhamento superficial condicionado pelos processos fluviais. Este último é fortemente influenciado pela climatologia local responsável por uma precipitação que apesar de garantir a sustentabilidade da bacia mostra variações internas que diferenciam o Alto e o Baixo-Médio Capim.

A vulnerabilidade natural do sistema a redução de seu potencial hídrico pode ser considerada baixa, porém as intervenções feitas na bacia trazem o desequilíbrio ao mesmo, principalmente nas duas UT's onde foi observado maior nivelamento entre as características que favorecem e desfavorecem a manutenção do sistema hídrico, que são a Candiru-Açu e Ararandeuá- Surubiju.

A resposta dos parâmetros biofísicos implica em uma situação favorável a sustentabilidade hídrica da bacia, o que acarreta na maior responsabilidade do componente de gestão. A atualidade mostra uma situação que tende do estável ao desfavorável neste sentido, pois o avanço do setor produtivo local não é ordenado segundo um planejamento que priorize a manutenção desta oferta.

A realidade de existir diferença entre a

presença de água e ter acesso a esta (para consumo humano) já se manifesta em vários locais na bacia, fator este constatado nos levantamentos de campo, principalmente no momento que se avalia que a maior parte da bacia é influenciada pelo setor rural dos municípios componentes.

Logo, a formulação de análise permite considerar a bacia do rio Capim como uma região que está sob estresse, mas que ainda apresenta condições de manter a disponibilidade hídrica para os usos múltiplos das águas presentes. Porém, se mantida a tensão exercida pelo vetor ocupacional crescente, há possibilidade desta situação de estabilidade ser gradualmente alterada e levar a bacia a uma ambiente que favorece a perda deste potencial.

5. Referências

- Ahnert, F. (1996). The point of modelling geomorphological systems. In: McCann, B.; Ford, D.C. (Ed.) *Geomorphology sans frontières*. Chichester: John Wiley & Sons, p. 81-113.
- Allison, R.J.; Thomas, D.S.G. (1993). *Landscape sensitivity*. New York: John Wiley & Sons, 347 p.
- Barima; Y.S.S.; Egnankou, M.W.; N'doumé, C.T.A.; Kouamé, F.N.; Bogaert, J. (2010). Modélisation de la dynamique du paysage forestier dans la région de transition forêt-savane à l'est de la Côte d'Ivoire. *Revue Télédétection*, vol. 9, n° 2, p. 129-138.

- Brunsdon, D. (2001). A critical assessment of the sensitivity concept in geomorphology. *Catena*, v. 42, n. 2-4, p. 99-123.
- Brunsdon, D.; Thornes, J.B. (1979). Landscape sensitivity and change. *Transactions, Institute of British Geographers*, v. 4, p. 463-484.
- Burt, T.P.; Heathwaite, A.L.; Trudgill, S.T. (1993). Catchment sensitivity to land use controls. In: Allison, R.J.; Thomas, D.S.G. (Ed.) *Landscape sensitivity*. New York: John Wiley & Sons, p. 231-240.
- Christofolletti, A. (1974). *Geomorfologia*. São Paulo: Edgar Blücher e EDUSP, 149 p.
- Christofolletti, A. (1999). *Modelagem de sistemas ambientais*. São Paulo: Edgar Blücher, 235 p.
- Downs, P.W.; Gregory, K.J. (1993). The sensitivity of river channels in landscape system. In: Allison, R.J.; Thomas, D.S.G. (Ed.) *Landscape sensitivity*. New York: John Wiley & Sons, p. 15-30.
- Guerra, A.J.T.; Cunha, S.B. (2001). *Geomorfologia, uma atualização de bases e conceitos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 472 p.
- Hampshire County Council (2006). *Assessing landscape sensitivity at a strategic level: a description of the methodology*. Report of Hampshire County Council's Landscape Planning and Heritage Group, United Kingdom, 60p.
- Hernandez, M.; Kepner, W.G.; Semmens, D.J.; Ebert, D.W.; Goodrich, D.C.; Miller, S.N. (2003). Integrating a landscape/hydrologic analysis for watershed assessment. *Proceedings, First Interagency Conference On Research in the Watersheds*, Benson, p.461-466.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (1997). *Cartogramas do relevo: Unidades de relevo*. Rio de Janeiro: IBGE.
- Le Sann, J.G. (2005). O papel da cartografia temática nas pesquisas ambientais. *Revista do Departamento de Geografia*, 16, p. 61-69.
- Lenz, R.T.; Engledow, J.L. (1986). Environmental analysis: the applicability of current theory. *Strategic Management Journal*, Vol. 7, nº. 4, p. 329-346.
- Leopold, L.; Clarke, F.E.; Hanshaw, B.B.; Balsley, J.R. (1971). A procedure for evaluating environmental impact. U. S. Geological Survey Circular 645, Washington, D.C., 13 p.
- Lichstein, J.W. (2007). Multiple regression on distance matrices: a multivariate spatial analysis tool. *Plant Ecology*, 188, p.117 -131.
- Lima, A.M.M.; Ponte, M.X. (2009). O estudo da paisagem e o planejamento estratégico como bases da gestão da oferta hídrica no estado do Pará: discussão teórica e metodológica. *Geociências*, v.28, p.317 - 330.
- Lima, R.J.S.; Lima, A.M.M; Araújo, M.L. (2005). *Navegando sob o céu do Pará*:

hidroclimatologia e recursos hídricos do Estado. Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. Belém: SECTAM, 129p.

LIPSOR – Laboratoire d’investigation em Prospective Stratégie et les logiciels de prospective stratégique. (2005). Guide méthodologique du travail em commun : elaborer une sratégie prospective et elaborer dès scénarios. Cahiers du LIPSOR n°5 - La boîte à outils de prospective stratégique, 114 p.

Lollo, J.A; Zuquette, L.V. 1996. A técnica de avaliação do terreno e suas possibilidades de aplicação no mapeamento geotécnico: exemplo de um sistema de terreno identificado na região de São Carlos (SP). *Geociências*, v. 15, nº 1, 147-161p.

McGregor, D.F.M.; Thompson, D.A. (1995). *Geomorphology and land management in a changing environment*. New York: John Wiley & Sons, 356 p.

RADAMBRASIL. (1976). Levantamento de Recursos naturais. Folha SA.23. Ministério das Minas e Energia, DNPM, Rio de Janeiro.

Ross, J.L.S. (1992). Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. *Revista de Geografia*, vol. 9, 65-75 p.

Schumm, S.A. (1973). Geomorphic thresholds and complex response drainage systems. In: Morisawa, M. (Ed.) *Fluvial*

Geomorphology. State University of New York, Binghamton, Publications in Geomorphology, 299-310 p.

Shia, Y.; Xiao, J.; Shena, Y. (2008). Landscape pattern change and associated environmental implications in haihe river basin, China. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVII, Part B4, Beijing, p. 569-574.

Strahler, A.N. (1952). *Dynamic Basis of Geomorphology*. Geological Society American Bulletin, v. 63, p. 923-938.

Thomas, M.F. (2004). Landscape sensitivity to rapid environmental change - a quaternary perspective with examples from tropical areas. *Catena*, 55, p. 107–124.

Thomas, M.F. (2001). Landscape sensitivity in time and space - an introduction. *Catena*, v. 42, p. 83-98.

Thomas, M.F.; Simpson, I.A. (2001). Landscape sensitivity. *Catena*, v. 42, p. 81-82.

Tricart, J.; Kilian, J. (1982). *La ecogeografía y la ordenación del medio natural*. Barcelona: Anagrama, 288 p.

Uhlmann, G. W. (2002). Teoria geral dos sistemas: do atomismo ao sistemismo, uma abordagem sintética das principais vertentes contemporâneas desta proto-teoria. Centro Interdisciplinar de Semiótica da Cultura e da Mídia. São Paulo: USP, 84p.

UNEP - United Nations Environment Programme. (2004). Environmental impact assessment and strategic environmental assessment: towards an integrated approach. Report of the United Nations Environment Programme, Châtelaine/Geneva, 163 p.

Usher, M.B. (2001). Landscape sensitivity: from theory to practice. *Catena*, v. 42, n. 2-4, p. 375-383.

Valeriano, M.M. (2004). Modelo digital de

elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos/SP: INPE, 72p.

Walker, R.; Drzyzga, S.A.; Li, Y.; Qi, J.; Caldas, M.; Arima, E.; Vergara, D. (2004). A behavioral model of landscape change in the amazon basin: the colonist case. *Ecological Applications*, 14 (4), Supplement, p. S299 - S312.