

A PAISAGEM FÍSICO-GEOGRÁFICA: REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA

Raul Sanchez Vicens¹;

José Mateo Rodriguez (*In Memoriam*)²;

Felipe Mendes Cronemberger³

¹Universidade Federal Fluminense - UFF

²Universidad de la Habana

³Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE

Resumo

A cartografia das paisagens constitui uma etapa cognitiva da pesquisa científica dos sistemas terrestres através de uma abordagem paisagística. Este trabalho apresenta os principais fundamentos metodológicos da representação cartográfica como síntese da identificação e classificação das paisagens físico-geográficas. São descritos os principais métodos de levantamentos, com base nos dados espaciais e ferramentas de processamento disponíveis na atualidade com o aporte das geotecnologias.

Palavras-chave: paisagem físico-geográfica, geotecnologias, mapeamento.

Abstract

Landscape mapping constitutes a cognitive stage of the scientific research of the terrestrial systems through a geosystemic approach. This paper presents the main methodological basis of cartographic representation as a synthesis of the physical-geographic landscapes identification and classification. The main mapping methods are described, based on the geospatial data and processing tools currently available with the contribution of geotechnologies.

Key words: physical-geographic landscape, geotechnologies, mapping.

No desenvolvimento das ideias paisagísticas, a cartografia detém um lugar de destaque. Como modelo científico, o mapa das paisagens é um elemento indissociável do processo investigativo. Na ciência da paisagem contemporânea, os diferentes modelos de representação, incluindo a cartografia, são essenciais no estudo das regularidades da organização espaço-temporal. O mapeamento das paisagens físico-geográficas auxilia na avaliação do potencial natural e econômico dos sistemas terrestres, assim como no planejamento ambiental, na avaliação dos impactos de projetos econômicos, na elaboração dos programas regionais de desenvolvimento e na utilização racional dos recursos naturais (Nikolaiev, 2006).

O mapa das paisagens, como outros mapas geográficos, são modelos espaciais semióticos que cumprem uma série de funções cognitivas de substituição, informação e heurística sobre os geossistemas como unidade espacial (Nikolaiev, 2006). Podem ser mapas *gerais básicos* da paisagem, que representam a estrutura da paisagem de determinada área ou *especializados*, que são voltados para a solução de problemas teórico-metodológicos específicos ou aplicados. O mapa geral das paisagens são a base para a geração de modelos geográficos especializados, de

diagnóstico, avaliação, prognóstico e desenho de ações. Podem ser utilizados para praticamente todas as tarefas de planejamento e ordenamento territorial. Dentro da geografia pragmática, a cartografia paisagística vem se convertendo em um dos fundamentos teórico-metodológicos na avaliação e organização das atividades produtivas no espaço e na conservação da natureza. Como modelo natural sintético, o mapa das paisagens tem se convertido numa base organizativa científico-metodológica que permite gerar diversos mapas complexos da natureza, os quais se inter-relacionam e complementam.

A cartografia das paisagens reúne num único modelo a sistemática das paisagens e a distribuição espacial das unidades, de forma que a legenda do mapa é constituída pela estrutura hierárquica da classificação, onde é recolhida a nomenclatura dos diferentes níveis taxonômicos. O mapeamento das paisagens pode, portanto, ser considerado uma modelagem que recolhe de forma simultânea as propriedades estruturo-genéticas e a espacialização dos geossistemas. Isto significa que, para realizar a cartografia das paisagens, é muito importante considerar as especificidades da paisagem como objeto do conhecimento. A identificação das unidades, os fatores formadores das paisagens, a classificação regional e tipológica e a hierarquia das unidades taxonômicas têm que ser levados em conta na representação cartográfica.

O objetivo do presente trabalho é apresentar os princípios da representação cartográfica da paisagem físico-geográfica ou paisagem natural, como unidade de síntese da complexidade natural da superfície terrestre. São contemplados os conjuntos de dados e métodos de processamento disponíveis na atualidade para representação cartográfica da paisagem.

Alguns aspectos metodológicos são importantes na cartografia das paisagens e serão abordados a seguir. São eles: as formas de representação; a classificação dos mapas de paisagens; os métodos de levantamento; os procedimentos para processamento de dados e análise espacial.

Formas de representação cartográfica e classificação dos mapas das paisagens

Nos mapas gerais das paisagens são representados os contornos das unidades, tanto no nível regional quanto no nível local e segundo uma abordagem tipológica, de regionalização ou de ambas categorias articuladas. Para tal, têm sido utilizados três tipos de procedimentos (Mateo Rodriguez, 1991):

- Analítico: Cada componente ou fator formador da paisagem é representado com um contorno específico segundo a simbologia adotada. Este procedimento é o adotado no método de obtenção das unidades por sobreposição dos levantamentos parciais dos componentes naturais. Na legenda analítica, cada componente é diferenciado através de várias formas de representação como cores, hachuras, linhas ou símbolos.
- Semi-sintético: Neste caso, os contornos representam de forma unitária as unidades de paisagem. A denominação de cada unidade é representada através de *labels* com uma nomenclatura de letras ou números que correspondem a cada componente da paisagem. A descrição das unidades é obtida pela leitura das informações contidas nessa nomencla-

tura, que geralmente tem a forma de uma razão ou quebrado. A legenda detalha as características dos componentes representados na nomenclatura.

- **Sintético:** Também utiliza contornos unitários para cada unidade. Simbologias diferentes de linhas são utilizados para representar limites da hierarquia das unidades. As unidades de cada nível hierárquico são descritas de forma textual, obedecendo a subordinação e índices diagnósticos de cada táxon. A legenda pode ser textual corrida, com a seguinte ordem de descrição dos componentes: relevo, gênese, estrutura geológica e litologia, condições climáticas, drenagem, vegetação e/ou uso da terra, solos, ou pode ser numa matriz onde cada célula representa a combinação entre fatores zonais, azonais, morfológicos e edafobióticos.

O procedimento sintético de representação das paisagens é o mais adequado uma vez que considera as unidades como um todo integral desde sua concepção, ao tempo que estabelece desde o início a estrutura hierárquica de classificação e subordinação. Cada nível taxonômico constitui a base de representação a diferentes escalas, configurando os níveis de escalas de representação cartográfica. O Quadro 1 relaciona os diferentes níveis de escala com as unidades taxonômicas e sua aplicabilidade em distintos níveis de planejamento.

Quadro 1. Diferentes níveis de cartografia das paisagens e unidades básicas de representação, para diferentes níveis de planejamento territorial.

Níveis de Mapeamento	Escalas indicativa	Unidade principal a representar	Formas de representação	Níveis de planejamento
Muito detalhado	1:500 a 1:2.000	As fácies: seus tipos, objetos e atributos.	As localidades, comarcas e sub comarcas, em cores de fundo; os tipos de fácies em hachura; os objetos com linhas e pontos.	Projetos de obras
Detalhado	1:5.000 - 1:20.000	As sub-comarcas e as fácies a elas subordinadas.	As localidades e comarcas, em cores de fundo.	Microprojetos territoriais (bairros, regiões administrativas)
Semi-detalhado	1:25.000- 1:50.000	As comarcas, seus tipos e modificações antropogênicas (tipos de usos).	Regiões e unidades corológicas superiores às quais se subordinam, em contornos numerados; os tipos de localidades nas quais subsistem, com gamas de cores; as comarcas, com cores numeradas.	Planos municipais
Geral	1:100.000- 1:250.000	As localidades, seus tipos e modificações antropogênicas (tipos de uso).	As regiões e unidades corológicas de ordem superior, com hachuras ou numerações; tipologia das paisagens, a partir das espécies, em cores e suas gamas; as localidades, em cores numeradas.	Planos estaduais
Muito generalizado	1:500.000- 1:5.000.000	Regiões e unidades corológicas superiores.	A tipologia das paisagens, a nível de classes, grupos e tipos, com cores e gamas de cores; as regiões, em contornos numerados. Diagramas de composição tipológica para as diferentes regiões.	Esquemas nacionais de ordenamento

Métodos de levantamento

A cartografia das paisagens físico-geográficas segue roteiros metodológicos já consagrados na Geografia Física e no levantamento de componentes naturais. Durante o trabalho de gabinete é feita uma síntese de todos os levantamentos prévios dos componentes naturais. Através de consulta bibliográfica, da análise de informações cartográficas e de bancos de dados temáticos, assim como da interpretação de dados de sensoriamento remoto, é construída uma ideia sobre a estrutura paisagística da área de interesse e se estabelece o papel dos fatores formadores das paisagens, indicando quais os objetos principais a serem cartografados. Resulta muito útil uma análise do relacionamento entre os componentes geólogo-geomorfológico, hidroclimático e edafo-biótico, estabelecendo o grau de homogeneidade genética, o predomínio de determinados processos e o arranjo espacial das combinações dos componentes. São estabelecidos os índices diagnósticos de cada nível taxonômico e se elaboram mapas preliminares das paisagens para cada escala cartográfica.

O método mais difundido combina o trabalho de gabinete com levantamentos de campo. Em geral, é o método utilizado para escalas de maior abrangência, embora possa ser usado também a escalas de semi-detalhe. Neste caso, os trabalhos de gabinete anteriormente descritos são acompanhados por dois procedimentos de campo: o reconhecimento geral das unidades através de itinerários que cruzam a maior quantidade possível de contornos e o mapeamento detalhado em áreas experimentais amostradas entre os contornos representativos das unidades. Estes levantamentos de detalhe são posteriormente extrapolados utilizando dados de sensoriamento remoto e novos percursos de campo.

A escalas de muito detalhe, os levantamentos podem ser feitos via trabalhos de campo exclusivamente, embora estes possuam como embasamento os métodos descritos anteriormente. Mas, em geral, as informações são obtidas através de observações e mensurações diretas no terreno.

Em resumo, o fluxo metodológico consiste numa sequência de etapas que alternam análise de dados e observações de campo, as quais visam o aperfeiçoamento sistemático até chegar na legenda definitiva e a geração do mapa final através da extrapolação da informação utilizando dados cartográficos e de sensoriamento remoto, e ferramentas de análise espacial, implementadas em Sistemas de Informações Geográficas (GIS)¹.

A diversificação dos dados obtidos por sensoriamento remoto da superfície terrestre e o aumento na resolução dos sensores tem incrementado a incorporação de novas técnicas de mapeamento através de processamento digital de imagens e ferramentas de análise espacial em ambiente GIS. Estas novas tecnologias buscam a automatização do método clássico de delimitação de unidades temáticas através de interpretação estereoscópica de fotografias aéreas combinadas com levantamentos de campo

A incorporação de geotecnologias para delimitação e classificação de unidades de paisagem esteve no início associada à ferramentas de análise espacial em ambiente GIS utilizando

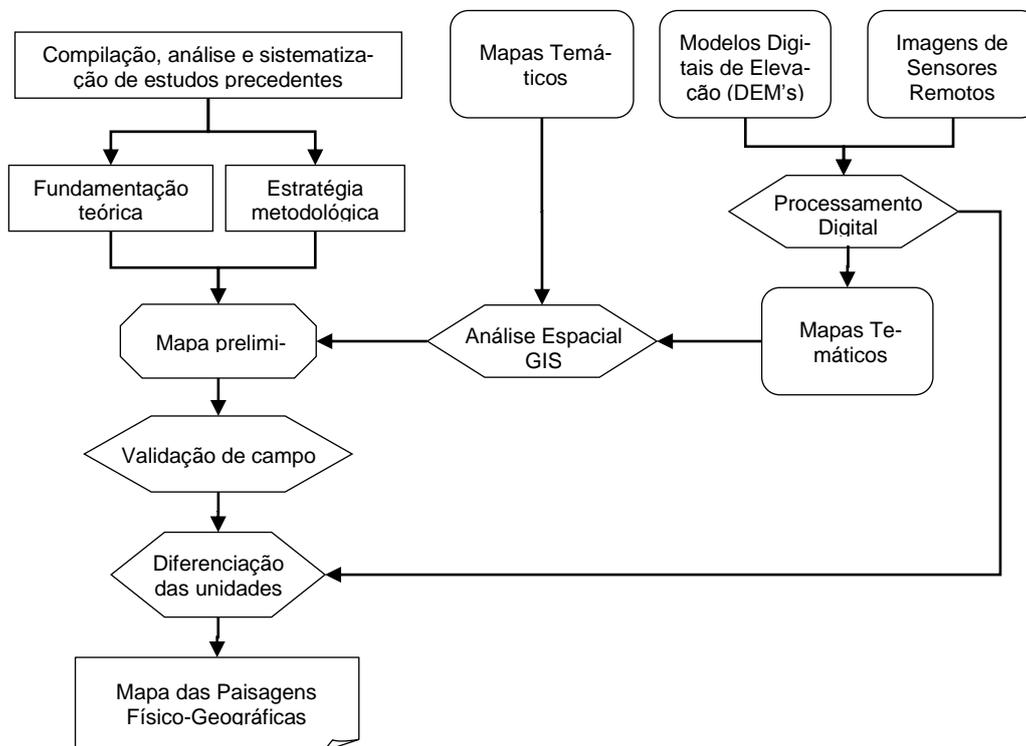
¹ Neste texto são utilizadas as siglas GIS (do inglês *Geographic Information System*) e DEM (*Digital Elevation Model*) pelo seu uso consagrado no meio geoinformacional.

Modelos Digitais de Elevação (DEMs) e mapas temáticos (Priego-Santander et al., 2008; Seabra, 2012; Salinas e Ramon, 2013). Neste caso, delimitação dos objetos (unidades de paisagem) é feita manualmente, por interpretação visual ou pelo cruzamento de camadas vetoriais resultantes de classificação de produtos derivado dos DEMs.

Sistemas de classificação com base na modelagem do conhecimento humano tem sido incorporados no processo de automatização do mapeamento. Redes semânticas oriundas da metodologia de Análise Orientada à Objetos Geográficos (GEOBIA) formalizam e representam o conhecimento proveniente de especialistas, armazenados a priori em regras de classificação (*rules set*).

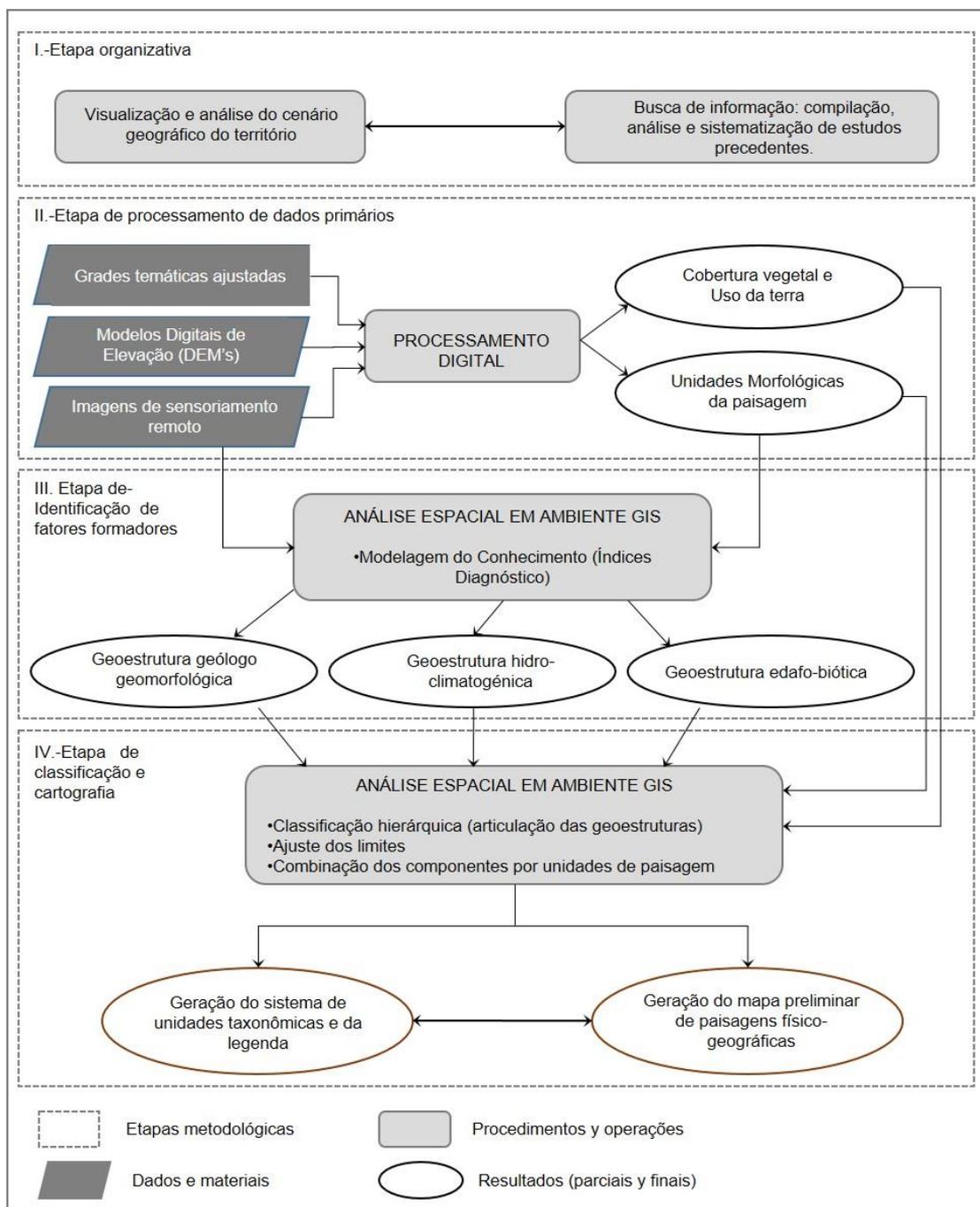
Independentemente da abordagem ou das técnicas utilizadas, a elaboração do mapa de paisagens físico-geográficas inicia-se com o trabalho de gabinete de consolidação dos índices diagnósticos, a escolha dos métodos de classificação e o processamento de dados utilizando técnicas de sensoriamento remoto e análise espacial em ambiente GIS, visando a elaboração de um mapa preliminar das unidades. Posteriormente, em campanhas de campo, são coletadas informações que permitam a diferenciação e o traçado dos limites das unidades através da correção do mapa preliminar com informações complementares e a utilização de imagens de sensoriamento remoto. A Figura 1 apresenta um fluxograma do mapeamento das unidades de paisagem.

Figura 1. Etapas no processo de representação cartográfica das paisagens físico-geográficas



A geração no gabinete do mapa preliminar das paisagens, com suporte de geotecnologias, segue quatro etapas principais, as quais podem ser mais ou menos complexas segundo a disponibilidade de dados e ferramentas de processamento digital (Figura 2).

Figura 2. Geração do mapa preliminar de paisagens físico-geográficas, com suporte de geotecnologias.



I-Etapa organizativa

Esta etapa tem como objetivo fundamental uma compreensão geral da área de estudo através de uma abordagem holística do cenário geográfico. Isto inclui desde levantamentos parciais dos componentes naturais individuais da estrutura vertical da paisagem até estudos integradores, dentro de uma perspectiva sistêmica. São levantados a priori algumas características da área

como a distribuição zonal, aspectos azonais, abundância, unicidade e/ou propriedades relevantes para a classificação das paisagens.

Para armazenar os dados primários e informações a serem processadas, é definida uma estrutura de banco de dados. É importante identificar, compilar e padronizar todos os dados disponíveis, com o objetivo de garantir um bom acervo, o mais completo possível com informações relevantes para a delimitação, classificação e caracterização posterior das unidades de paisagens. Também são definidos nesta etapa os parâmetros de configuração cartográfica, escalas de levantamento e representação, área mínima cartografável e níveis hierárquicos de classificação.

II-Etapa de processamento de dados primários

Os índices diagnósticos utilizados para definição das tipologias de paisagem são limiares estabelecidos sobre mensurações quantitativas ou aspectos qualitativos dos componentes naturais. Na prática da cartografia digital tais elementos são representados por meio de dados espaciais, em formato matricial (raster), vetorial ou até banco de atributos. Estes dados podem ser gerados diretamente por geotecnologias como o sensoriamento remoto ou podem vir de levantamentos diretos na forma de mapeamentos temáticos.

Modelos Digitais de Elevação e dados morfométricos do relevo

A morfologia do relevo tem sido historicamente a base da classificação das paisagens, principalmente no nível local. A utilização de aspectos fisiográficos da superfície como forma de classificação geomorfológica foi proposta por Christian e Stewart (1953) considerando a relação forma-processo a essência na diferenciação do relevo.

A mensuração de parâmetros morfométricos tem evoluído desde a incorporação de modelos digitais de elevação e sistemas de análise tridimensional implementados pela indústria de softwares GIS. Junto ao aumento na disponibilidade e acurácia dos DEMs, novos algoritmos para extração de produtos derivados dos dados de elevação têm sido implementados para análise 3D de grandes áreas.

Outros dados derivados do DEM foram gerados através de ferramentas de análise 3D. O Índice de Posicionamento Topográfico (*Topographic Position Index-TPI*) é um algoritmo implementado para o sistema ArcGIS que observa a diferença entre o valor de elevação de um determinado pixel e a média de pixels vizinhos no DEM. Valores positivos significam que o pixel está a maior altitude e valores negativos que este pixel está em altitude mais baixa. É também calculado o seu valor de declividade para classificar seu posicionamento nas encostas, em especial para distinguir entre áreas planas e de meia encosta. Se o valor do índice for significativamente mais alto que seus vizinhos, o pixel deve estar localizado próximo ao topo ou no topo de uma montanha. Sendo significativamente mais baixo que seus vizinhos, então deve estar localizado no fundo do vale ou próximo dele. Valores próximos a 0 significam que o pixel pode estar localizado em uma área plana ou de baixa encosta, sendo então diferenciados pelos valores de declividade.

A amplitude do relevo (altura ou altitude relativa) e a dissecação vertical condicionam várias particularidades das paisagens, principalmente a distribuição do calor e a umidade (Priego-Santander et al., 2008), o que controla a diferenciação das unidades de ordem inferior. A amplitu-

de do relevo é a diferença entre os valores máximos e mínimos de altitude em uma determinada área. A altitude corresponde à elevação, em metros, mensurada a partir de um datum de referência (no caso do DEM/SRTM o elipsoide de referência é o WGS84). A dissecação vertical é o grau máximo de encaixamento dos canais fluviais por unidade de superfície e corresponde à razão da amplitude pela área (expressa em m km⁻²). Tradicionalmente ambos parâmetros têm sido extraídos utilizando grades regulares. Inicialmente de forma manual, sobrepondo a grade na carta topográfica e, posteriormente através de ferramentas de análise espacial disponíveis nos GIS, utilizando modelos digitais de elevação. Em ambos os métodos, as grades regulares utilizam uma resolução ajustada à escala do mapeamento. Por exemplo, Priego-Santander et al. (2008), para o cálculo da dissecação vertical do relevo do México, utilizaram grades com resolução de 15-20 metros e de 80-100 metros para as escalas 1:50.000 e 1:250.000 respectivamente. Posteriormente, as grades contendo os valores de amplitude e dissecação vertical são classificadas e agrupadas em polígonos correspondentes às unidades morfológicas. Na análise orientada à objetos, os valores são extraídos diretamente pelos objetos, isto é, após segmentação, na forma de atributos morfo-métricos das unidades morfológicas de relevo.

Grades climáticas

Os dados climáticos são fundamentais na classificação zonal das unidades de ordem superior e na caracterização do regime ombrotérmico. As grades correspondentes a dados primários podem incluir os acumulados de precipitação, temperaturas (médias e valores extremos) e outras variáveis bioclimáticas relevantes para a diferenciação espacial das condições climáticas, do comportamento temporal (sazonalidade) ou, ainda, para a determinação de limites ambientais extremos, como por exemplo a temperatura média do mês mais frio em climas mesotérmicos.

A partir de grades climáticas podem ser obtidos produtos secundários que caracterizam o grau de umedecimento da paisagem e a regionalização bioclimática, utilizando indicadores de balanço hídrico que estimam a disponibilidade temporal de água no solo. Na zonificação bioclimática do estado do Rio de Janeiro, por exemplo, Cronenberger et al. (2011) utilizaram grades climáticas do WorldClim (Hijmans et al., 2005) para gerar novas grades de evapotranspiração potencial e déficit hídrico.

Dados temáticos

A gênese das paisagens está diretamente ligada à composição litológica das unidades morfológicas do relevo, a qual determina também as características dos solos. Os mapas geológicos contêm informações sobre a composição litológica e sobre os eventos que deram origem às diferentes formações que integram a legenda. Essas informações são relevantes na classificação genética das paisagens segundo seus processos formadores. Algumas informações relevantes podem ser, por exemplo, os tipos de litologia, eventos tectônicos ou intrusivos, idades das rochas, etc.

Os solos e a cobertura vegetal, como fatores indicadores (ao invés de formadores) diferenciam as unidades de nível hierárquico inferior. Constituem variáveis importantes o tipo de solo, seu grau de intemperização, grau de hidromorfismo, dentre outros. Já no caso da cobertura vege-

tal, são informações relevantes o tipo de fisionomia das formações vegetais (caducidade, composição florística, etc.) e o tipo de cultura agrícola ou uso predominante.

Dados espectrais obtidos por sensoriamento remoto

A evolução das técnicas de sensoriamento remoto tem disponibilizado uma quantidade cada vez maior de dados espectrais, oriundos de sensores com uma ampla gama de resoluções radiométrica, espacial espectral e temporal. Simultaneamente, desenvolvem-se técnicas de extração de informações desses dados, que vão desde abordagens orientadas a pixels ou orientadas a objetos geográficos, análises de dados multiespectrais ou mesmo hiperespectrais, e o processamento de longas séries temporais de imagens. Novos recursos analíticos têm sido incorporados, o qual aumenta a automatização do processo e melhoram a acurácia dos resultados. Algumas técnicas permitem a utilização conjunta de dados com diferentes resoluções espaciais, incorporam modelos probabilísticos de classificação ou permitem a classificação dos objetos da superfície segundo sua trajetória temporal.

III-Etapa de identificação dos fatores formadores

A finalidade principal de organizar os dados primários num Sistema de Informações Geográficas, é a geração de parâmetros e indicadores através de técnicas de análise espacial que sejam suficientes para a caracterização das paisagens da área estudada. Os procedimentos geram um novo bloco de informações que caracterizam a complexidade paisagística como: as relações entre componentes na estrutura vertical e horizontal das paisagens, a diferenciação espacial dos processos que compõem a estrutura funcional, o grau de transformação antrópica das paisagens, dentre outras.

O conjunto de indicadores referentes às propriedades das paisagens substituem a coleção de mapas analíticos e podem ser utilizados diretamente na síntese do mapa de paisagens. Eles são agrupados em níveis segundo a sequência hierárquica de fatores formadores, na forma de índices diagnósticos de classificação. Sugerem-se três níveis de indicadores que caracterizam a formação e as propriedades atuais da paisagem: a *geoestrutura morfolitológica*, referente à litologia e relevo, a *geoestrutura hidroclimática*, resultante das condições térmicas e de umedecimento e a *geoestrutura biopedológica*, que caracteriza os solos e a biota.

A estruturação hierárquica das informações no banco de dados geográficos permite a geração do sistema de unidades taxonômicas, a padronização da nomenclatura e a confecção da legenda do mapa de unidades de paisagens.

IV-Etapa de classificação e cartografia

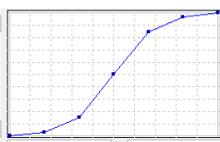
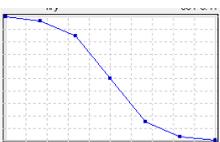
O processo de cartografia semi-automatizada das paisagens não segue um padrão generalista de cruzamentos de dados, onde as classes são delimitadas pelos limiares de cada variável, e onde cada unidade tem obrigatoriamente uma única ocorrência (homogeneidade forçada), mas sim pelo grau de pertencimento dos objetos em cada uma das variáveis, podendo haver múltiplas ocorrências.

Os limites físicos da paisagem devem ser atrelados inicialmente a um pequeno conjunto de variáveis, devendo agregar as outras variáveis em função de seu grau de ocorrência no objeto, ou seja, a homogeneidade é relativa em função das particularidades de cada área. Esta heterogeneidade inevitável das unidades de paisagens conduz na classificação automática a erros de comissão, que tem que ser novamente modelados em etapas sucessivas de classificação.

Em geral, a classificação tipológica segue uma abordagem hierárquica decrescente (*top down*), isto é, dos táxons de ordem superior aos de ordem inferior. No entanto, a maioria dos autores coincidem em indicar as unidades morfológicas do relevo como o fator principal na delimitação inicial das paisagens (Nikolaiev, 2006), de forma que o ponto de partida são os dados morfométricos de relevo, como a elevação, declividade e forma das encostas. A partir daí, são reagrupados em diferentes níveis hierárquicos definidos em função dos índices diagnósticos dos fatores formadores da paisagem.

Os objetos que formam a unidade básica de mapeamento (unidade morfológica) delimitados por segmentação (automática ou manual) são inicialmente agrupados em unidades de ordem superior segundo modelos de classificação das variáveis (descritores) que correspondem aos índices diagnósticos de cada nível hierárquico. Os atributos que correspondem aos valores das variáveis para cada unidade morfológica são convertidos em chaves de classificação com limiares estimados por amostragem e inseridos em modelos booleanos ou probabilísticos de pertencimento à classe correspondente. O Quadro 2 apresenta exemplos de descritores, modelos probabilísticos e limiares de classificação das unidades de ordem superior (regiões) da classificação tipológica do estado do Rio de Janeiro.

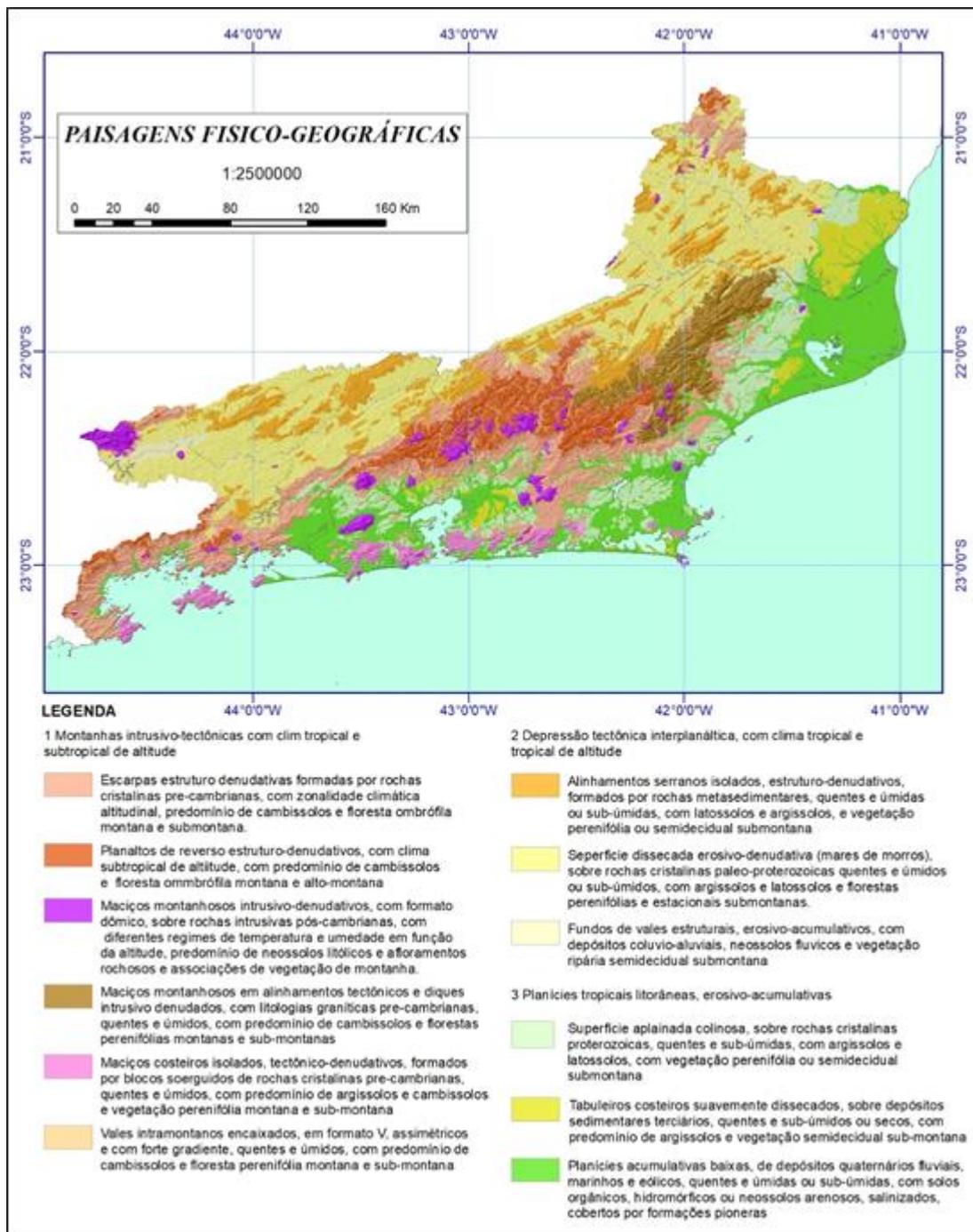
Quadro 2. Descritores, modelos e limiares utilizados na classificação das unidades superiores (regiões) das paisagens do Rio de Janeiro (Cronemberguer, 2014).

Unidades	Descritores	Modelo	Limiares	Exemplo
Montanhas da Serra do Mar	Amplitude do relevo;		(p=0): 400 m (p=1): 500 m	
	Elevação		(p=0): 500 m (p=1): 800 m	
	Declividade		(p=0): 30% (p=1): 40%	
	Dissecação vertical		(p=0): 0,7 (p=1): 0,8	
Depressão interplanálticas do Paraíba do Sul	Não pertencimento às demais classes			
Baixadas e Planícies Costeiras	Amplitude do relevo;		(p=0): 50 m (p=1): 100 m	
	Elevação		(p=0): 60 m (p=1): 100 m	
	Declividade		(p=0): 8% (p=1): 15%	

O mesmo processo é repetido sucessivamente para classificar as unidades de ordem hierárquico inferior. Métodos que seguem uma abordagem orientada à objetos (GEOBIA) já possuem uma estrutura hierárquica na segmentação e permitem que os objetos herdem os atributos dos super-objetos e também que os transmitam aos sub-objetos. Neste caso, os parâmetros específicos de cada nível hierárquico são extraídos segundo os índices diagnósticos correspondentes.

A diferença de modelos booleanos, nos modelos probabilísticos são comuns sobreposição de valores/intervalos de alguns descritores. Esta confusão é minimizada através de operadores de conjunção (*AND*) na ocorrência de todos os descritores de uma mesma classe. Também, através da utilização do conceito de herança da análise orientada à objetos que permite criar sub-classes com objetos classificados corretamente com outras com os erros de comissão. Uma vez concluída a classificação, é compatibilizada a legenda final do mapa das paisagens e definida a nomenclatura final das unidades, como no exemplo apresentado na Figura 3, correspondente ao segundo nível hierárquico de classificação.

Figura 3. Regiões (landshaft) da classificação tipológica das paisagens físico-geográficas do Rio de Janeiro.



Os métodos atuais de cartografia das paisagens, seja através de análise espacial em ambiente GIS, seja através de análise orientada à objetos geográficos, seguem um fluxo operacional semelhante, como pode ser resumido no Quadro 3:

Quadro 3. Algumas características comparativas entre dois métodos de cartografia das paisagens

Análise Espacial - GIS	GEOBIA
A delimitação de unidades morfológicas de relevo a partir de DEMs e produtos derivados, é o primeiro passo na cartografia das unidades	
A vetorização dos polígonos é feita através da classificação separada das grades de elevação e declividade, ambas convertidas para formato vetorial e finalmente superpostas (<i>Analysis Tools/Union</i>)	Os objetos são obtidos por segmentação das grades de elevação, declividade e relevo sombreado.
A área mínima de mapeamento é alcançada via generalização posterior, eliminando polígonos de área inferior à área mínima, segundo a escala do nível hierárquico	A área mínima de cada nível hierárquico é controlada através dos parâmetros de segmentação (<i>scale, color/shape</i>)
As unidades morfológicas determinam-se por tabulação cruzada da elevação e a declividade. Os polígonos são posteriormente fusionados	As unidades morfológicas determinam-se por classificação.
A classificação é feita por fusão de polígonos obtidos por cruzamentos (<i>dissolve</i>)	Os valores de elevação e declividades são extraídos para todos os segmentos (objetos) e classificados por modelagem do conhecimento
A grade de relevo sombreado é utilizada como validação dos agrupamentos resultantes da tabulação cruzada ou para digitalização manual dos polígonos	A grade de relevo sombreado (<i>hillshade</i>) é utilizada na segmentação dos objetos.
Os dados temáticos (litologia, solos e cobertura vegetal) devem possuir a mesma resolução e ser normalizados geometricamente	Segue uma abordagem multi-resolução
As informações são incorporadas às unidades morfológicas através de cruzamentos individuais.	As informações temáticas são utilizadas na classificação, como descritores.
Edições por interpretação visual são realizadas após cada cruzamento	Edições são realizadas após classificação de cada nível hierárquico

Caracterização das paisagens físico-geográficas

A cartografia das paisagens não inclui apenas o mapa das unidades, o qual tem que ser acompanhado da caracterização de cada uma delas, num determinado nível taxonômico. A caracterização das paisagens vai além da descrição literária ou textual que presta atenção fundamentalmente nas características visuais e pictóricas das paisagens. A caracterização científico cognitiva é feita a partir de categorias e conceitos previamente estabelecidos, expondo os traços que definem e diferenciam as unidades da paisagem e que não estão contemplados na legenda do mapa.

A caracterização deve ir do geral ao particular, começando pelo recorte espacial para o qual foram identificadas e representadas as unidades físico-geográficas. A seguir, são analisados os fatores formadores das paisagens, na forma dos seus componentes naturais (geólogo-geomorfológicos, hidro-climáticos e edafo-bióticos), os quais formam a *estrutura vertical* da paisagem. Isto não significa fazer uma caracterização isolada de cada componente (muito comum nas

descrições físico-geográficas), mas identificar o papel de cada componente na formação da paisagem, na relação entre eles que manifesta-se na frequência e exclusividade com que determinados componentes associam-se entre si, o qual resulta do predomínio de determinados processos durante a gênese da paisagem (por exemplo: pontões intrusivo-denudativos de litologias graníticas, cordões arenosos e vegetação de restinga, planícies cársticas e neossolos litólicos com floresta decidual, etc.).

Além da estrutura de componentes, a unidade principal de representação ou unidade de ordem inferior de classificação segundo a escala indicativa, é caracterizada também pela sua *estrutura horizontal*, que inclui parâmetros como extensão, padrão de forma e de distribuição espacial, grau de fragmentação e conectividade, diversidade paisagística e demais parâmetros que caracterizem o mosaico em planta dos polígonos correspondentes às unidades.

Na existência de dados empíricos, determinados tipos de paisagens podem ser caracterizados segundo o seu *funcionamento*, atendendo às particularidades dos ciclos biogeoquímicos que nelas ocorrem. Isto inclui as formas e taxas do transporte e intercâmbio de energia e substância entre as unidades, o balanço energético, dentre outros parâmetros. A alternância de estados funcionais no tempo caracteriza a dinâmica das paisagens. A caracterização de estados dinâmicos da paisagem é feita a diferentes escalas, uma vez que podem variar de estados de curta duração, como por exemplo os estados diurnos (diurno/noturno, preamar/baixa-mar, etc.), estados do ciclo anual (verão/invernal, estiagem/alagado, etc.) ou estados hiper-anuais, como anos sob influência do ENOS, por exemplo.

Finalmente, a caracterização das unidades da paisagem físico-geográficas aborda as regularidades de organização espacial dos processos produtivos que resultam na antropização das paisagens, no grau de transformação a partir dos diferentes modelos de utilização histórica.

Em geral, a caracterização das paisagens físico-geográficas pode dar origem ou se fazer acompanhar de outros tipos de mapeamentos. Um levantamento paisagístico de determinada área inclui vários produtos, entre os que se incluem:

- Mapa das unidades da paisagem (tipologia e regionalização).
- Mapa das propriedades das paisagens (estrutura, funcionamento, dinâmica e evolução).
- Mapas de modificação e transformação antrópica das paisagens.
- Mapas de estabilidade geocológica das paisagens
- Mapas de potencial de utilização dos recursos naturais
- Mapa do estado ambiental das paisagens (diagnóstico)

Esta coleção de produtos cartográficos é utilizada na geração do mapa propositivo ou desenho do ordenamento ambiental (zoneamento funcional e zoneamento ambiental).

Considerações finais

A cartografia das paisagens é um processo de síntese que não pode ser reduzida a uma soma de componentes naturais recolhidos em mapeamentos parciais. Embora a simplificação é uma premissa na modelagem da realidade, o mapeamento das paisagens deve recolher toda a complexi-

dade da organização natural da superfície terrestre, integrada em unidades objetivas: as unidades da paisagem físico-geográficas ou geossistemas naturais.

Por sua parte, a incorporação de novas tecnologias tem revolucionado a identificação e representação dos sistemas naturais. Métodos sofisticados de coleta de dados geram novas informações que ajudam a desvendar a complexidade da natureza, permitindo uma representação cada vez mais acurada. No entanto, deve-se partir da premissa que não é a tecnologia que constrói a realidade, mas ao contrário, é a realidade que é esclarecida por métodos que, com apoio cada vez maior de tecnologias, baseiam-se na interpretação do investigador.

Agradecimentos

Durante o processo de revisão editorial deste artigo, nos deparamos com o falecimento de um dos seus autores: o professor José Manuel Mateo Rodriguez. Vítima por uma doença cruel, à qual recusou a se submeter e que enfrentou com valentia até o fim, o professor Mateo Rodriguez dedicou toda sua vida à academia e à pesquisa científica. Professor Titular da Universidade de Havana e formador de várias gerações de geógrafos cubanos, foi também um disseminador de uma Geografia humboldtniana e dialética, ligada no particular à Ciência da Paisagem, em vários países latino-americanos onde lecionou, incluindo o Brasil. Nós, autores, deixamos aqui nosso sincero agradecimento, dedicando o presente artigo à sua memória.

Submetido em 20 de fevereiro de 2019.

Aceito para publicação em 01 de abril de 2020.

Referências

- Christian, C.S., Stewart, G.A. (1953). **General report on survey of Katherine-Darwin Region, 1946**. Land Research Series, vol. 1. Melbourne: CSIRO.
- Cronemberger, F. M; Vicens, R. S.; Bastos, J.S.; Fevrier, P. V. R.; Barroso, G. M. (2011). Mapeamento Bioclimático do estado do Rio de Janeiro. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR** (pp. 5745-5752). Curitiba: INPE.
- Cronemberguer, F. M. (2014). **Análise geoecológica da dinâmica da paisagem da Serra do Mar no estado do Rio de Janeiro** (Tese de Doutorado). Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal Fluminense, Niterói. 159 p.
- Hijmans, R. J.; Cameron, S. E.; Parra, J. L.; Jones, P. G., Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surface for global land areas. **Int. J. of Climatol.**, **25**, 1965-1978.
- Mateo Rodríguez, J. M. (1991) **Geoecología de los Paisajes**. Mérida: Editora de la Universidad de los Andes. 137 p.
- Nikolaiev, V. A. (2006) **Ciencias del Paisajes**. Seminarios y Tares prácticas. (em russo). Moscou: Facultad de Geografía da UEM. 208 p.
- Priego-Santander, A. G.; Bocco, G.; Mendoza, M.; Cotler, H.; Garrido, A. (2008). **Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisaje**: Fundamentos y método. Série Planeación Territorial. Instituto Nacional de Ecología. Mexico DF: SEMARNAT; INE; UNAM.
- Salinas, E. C. Ramón, A.M.R. (2013). Propuesta metodológica para la delimitación semiautomatizada de unidades de paisaje de nivel local. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, **25**, 1-19.
- Seabra, V. S. (2012). **Análise da paisagem em apoio aos estudos de favorabilidade à recuperação florestal na bacia hidrográfica do rio São João** (Tese de doutorado). Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.