

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS**

Thais Maria Gonçalves Rocha

**AVALIAÇÃO DA COMPLEXIDADE DA PAISAGEM DO MUNICÍPIO DE  
DOURADOS (MS) POR MEIO DE MÉTRICAS BASEADAS NA ENTROPIA  
INFORMACIONAL**

**DOURADOS  
2016**

**THAIS MARIA GONÇALVES ROCHA**

**AVALIAÇÃO DA COMPLEXIDADE DA PAISAGEM DO MUNICÍPIO DE  
DOURADOS (MS) POR MEIO DE MÉTRICAS BASEADAS NA ENTROPIA  
INFORMACIONAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Gestão Ambiental da Fundação Universidade Federal da Grande Dourados, como requisito parcial para obtenção do título e Bacharel em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Henrique Vannucchi Leme de Mattos

**DOURADOS  
2016**

**THAIS MARIA GONÇALVES ROCHA**

**AVALIAÇÃO DA COMPLEXIDADE DA PAISAGEM DO MUNICÍPIO DE  
DOURADOS (MS) POR MEIO DE MÉTRICAS BASEADAS NA ENTROPIA  
INFORMACIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para  
obtenção do título de Bacharel em Gestão Ambiental na Universidade Federal  
da Grande Dourados, pela comissão formada por:

---

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Henrique Vannucchi Leme de Mattos  
FCH – UFGD

---

Prof. Dr. Jairo Campos Gaona  
FCBA - UFGD

---

Prof. Dr. Joelson Gonçalves Pereira  
FCBA - UFGD

26 de abril de 2016

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).**

R672a Rocha, Thais Maria Goncalves  
AVALIAÇÃO DA COMPLEXIDADE DA PAISAGEM DO MUNICÍPIO  
DE DOURADOS (MS) POR MEIO DE MÉTRICAS BASEADAS NA  
ENTROPIA INFORMACIONAL / Thais Maria Goncalves Rocha --  
Dourados: UFGD, 2016.  
38f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Sérgio Henrique Vannucchi Leme de Mattos

TCC (graduação em Gestão Ambiental) - Faculdade de Ciências  
Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados.  
Inclui bibliografia

1. usos da terra. 2. medidas de complexidade. 3. He/Hmax. 4. SDL.  
5. LMC. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

# AVALIAÇÃO DA COMPLEXIDADE DA PAISAGEM DO MUNICÍPIO DE DOURADOS (MS) POR MEIO DE MÉTRICAS BASEADAS NA ENTROPIA INFORMACIONAL<sup>1</sup>

## RESUMO

Teorias e conceitos ligados ao paradigma da complexidade têm contribuído de modo decisivo ao estudo da paisagem. Este trabalho objetivou avaliar o grau de complexidade de diferentes usos da terra do município de Dourados (MS), utilizando-se métricas de paisagem baseadas na entropia informacional ( $H_e/H_{max}$ , SDL e LMC) aplicadas a imagens do sensor RapidEye. Para a medida  $H_e/H_{max}$ , os parques urbanos, as áreas de vegetação nativa e de agricultura apresentaram maior grau de variabilidade. Já as medidas SDL e LMC revelaram comportamento inverso: as áreas urbanas obtiveram maiores valores de complexidade. Os resultados demonstraram que o trabalho alcançou seu objetivo, conseguindo identificar o grau de complexidade das áreas. Conclui-se que o emprego das métricas de paisagem baseada na entropia informacional pode auxiliar na gestão ambiental realizando, por exemplo, uma análise multitemporal em áreas de recuperação ambiental e no monitoramento do estado e evolução da conservação em áreas protegidas.

**PALAVRAS CHAVE:** usos da terra, medidas de complexidade,  $H_e/H_{max}$ , SDL, LMC

## ABSTRACT

Theories and concepts related to the paradigm of complexity has been contributed significantly to the understanding of patterns and processes that occur in landscape. This study aims to assess complexity degree of different land uses in the city of Dourados (state of Mato Grosso do Sul - Brazil), using landscape metrics based on informational entropy ( $H_e / H_{max}$ , SDL and LMC) applied to images of RapidEye sensor. For  $H_e/H_{max}$  measure, urban parks, areas of native vegetation and agriculture presented a higher degree of variability. SDL measures and LMC revealed an inverse behavior: urban areas

---

<sup>1</sup>O presente trabalho foi escrito na forma de artigo seguindo as normas da Revista Brasileira de Ciências Ambientais

have achieved greater values of complexity. The results showed that the work achieved its goal, identifying the complexity degree of studied areas. It is concluded that the use of landscape metrics based on informational entropy can help in environmental management as, for instance, in multitemporal analysis in areas of environmental recovery and in monitoring of state and evolution of conservation in protected areas.

**KEY WORDS** land uses, complexity metrics, He/Hmax, SDL, LMC

## 1. INTRODUÇÃO

A Terra, desde o seu surgimento, passa por constantes alterações em sua superfície. Entretanto, conforme aponta Vicente (2007), devido à intensificação da atividade antrópica nos últimos 300 anos (em consequência da exploração excessiva dos recursos naturais motivada pela Revolução Industrial e o modo de produção capitalista), essas alterações vêm aumentando exponencialmente, afetando o grau de resiliência que a Terra possui. Nesse sentido, é importante destacar que o mapeamento dessas alterações é muito importante para a compreensão das mudanças que ocorrem nas paisagens, já que não estão livres de modificações prejudiciais, sejam elas diretas ou indiretas.

Metzger (2001, p.4) define paisagem como “um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas”. Sendo assim, cada unidade (sub-sistema) do mosaico apresenta características próprias, mas que se relacionam e dependem dos sub-sistemas adjacentes, formando um sistema de maior nível hierárquico (MATTOS, 2010). Desta forma Metzger (2001) aponta que o maior desafio da Ecologia de Paisagem é entender como os padrões e processos que constituem a paisagem e sua organização interferem no seu funcionamento como um todo.

Partindo desse pressuposto, teorias e conceitos ligados ao paradigma da complexidade têm contribuído de modo significativo no entendimento desses padrões e processos, isto porque, é possível abordar dentro de um arcabouço teórico comum, sistemas complexos que vão desde sistemas físicos até sociais (MATTOS, 2010).

A entropia informacional, por exemplo, permite avaliar, a partir da quantidade de informação e sua redundância, como é a organização de um sistema. Para Shannon (1948, apud MARCHELLI, 2011) “o conceito de

entropia informacional relaciona a probabilidade de ocorrência de um determinado evento à quantidade de informação presente em uma sequência de eventos”. Na prática isto quer dizer que um evento é informativo quando ele é pouco provável e de alta complexidade, por outro lado se este evento há muita probabilidade de ocorrência ele se torna muito previsível e com pouca complexidade.

Conforme Morin (2000, p.47 *apud* PELEGRINI 2012, p.65), “a complexidade nos aparece, à primeira vista e de modo efetivo, como irracionalidade, incerteza, confusão, desordem”. Devemos lembrar, no entanto, que sistemas complexos não devem ser entendidos no sentido de complicação como o próprio nome pode sugerir: o nível de complexidade de um sistema está ligado aos níveis de inter-relação que este possui, ou seja, a partir do número e interações de seus elementos do sistema. Em sistemas ambientais, por exemplo, de acordo com Vicente (2007, p.44) o grau de complexidade “está ligado ao número de espécies vegetais num ecossistema, a variedades de usos da terra num geossistema ou as características minerais encontrados nos diferentes tipos de solo em um domínio”

Sendo assim, de acordo com Mattos e Perez Filho (2004), um sistema complexo é facilmente distinguido de outros tipos de sistemas por possuir características como: interações não-lineares, representadas por realimentações negativas e positivas que controlam a dinâmica do sistema; propriedades emergentes, novas características surgidas das interrelações dos elementos do sistema; organização hierarquicamente aninhada, com sistemas compondo sistema de maior nível hierárquico; constante troca de energia e matéria com o ambiente externo; e, por fim, nível de auto-organização, que garante a estruturação e funcionamento do sistema como um todo. Posto isto, podemos perceber que quanto maior o número de elementos, tanto maiores serão as probabilidades de inter-relações, de níveis hierárquicos e, por conseguinte, de transformações e derivações de novas funcionalidades desse sistema (VICENTE, 2007).

Desta forma, de acordo com Sampaio (2008, p.46), “a complexidade considera o entrelaçamento entre todas as coisas e por ser entendida como a tentativa de superar a simplificação do modo de pensar a paisagem”. Portanto,

a complexidade da paisagem nos traz a compressão das relações e inter-relações do todo e suas partes e vice-versa.

Neste sentido, Mattos (2010) afirma que o emprego de métricas vem sendo cada vez mais comum em estudos da paisagem relacionados ao paradigma da complexidade, principalmente em estudos que utilizam sensoriamento remoto. Isto porque, de acordo com Vedovato *et al.* (2015, p. 5967):

As métricas da paisagem são tradicionalmente usadas na análise e busca de padrões espaciais em sistemas complexos através do estabelecimento de relações numéricas entre os diferentes tipos de alvos na superfície da Terra.

Tais considerações reforçam a pertinência de se utilizar métricas de paisagem associadas ao sensoriamento remoto, as quais, segundo Silva (2012), no que se refere a estudos envolvendo grandes territórios, auxiliam na identificação das causas das alterações na paisagem.

Para os estudos ambientais, conceitos ligados a complexidade do sistema são de grande valia, pois proporcionam melhor compreensão das dinâmicas que ocorrem na paisagem. Isto porque, ao entender o funcionamento de um sistema complexo, compreendemos as suas relações de forma a contribuir no planejamento e gestão dessas áreas (SALOMÃO e MATTOS, 2015). Um exemplo é aplicar tais conceitos na gestão do uso e ocupação da terra dos municípios.

De acordo com Pereira e Pereira (2012), problemas relacionados ao uso e ocupação da terra se remetem a crescente expansão urbana sem planejamento que as cidades brasileiras vêm sofrendo, acarretando conseqüentemente em mudanças na dinâmica da paisagem.

Devido ao recente processo de expansão urbana, o município de Dourados-MS vem passando por grandes alterações em sua paisagem. Com uma ampliação de 250% em seu perímetro urbano no ano de 2011 (ROCHA *et al.*, 2012), é possível notar atualmente as alterações acarretadas por essa mudança, principalmente pelo surgimento de novos lotes urbanos, em áreas afastadas do centro urbano e que anteriormente tinham seu uso associado à agropecuária.



Posto isto, o presente trabalho visa avaliar a complexidade de diferentes tipos de uso da terra no município de Dourados, por meio de métricas baseadas na entropia informacional, para uma melhor compreensão dos processos que ocorrem entre as suas paisagens.

## **2. OBJETIVO**

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o grau de complexidade de diferentes usos da terra existentes no município de Dourados (MS), utilizando-se de métricas de paisagem baseadas na entropia informacional.

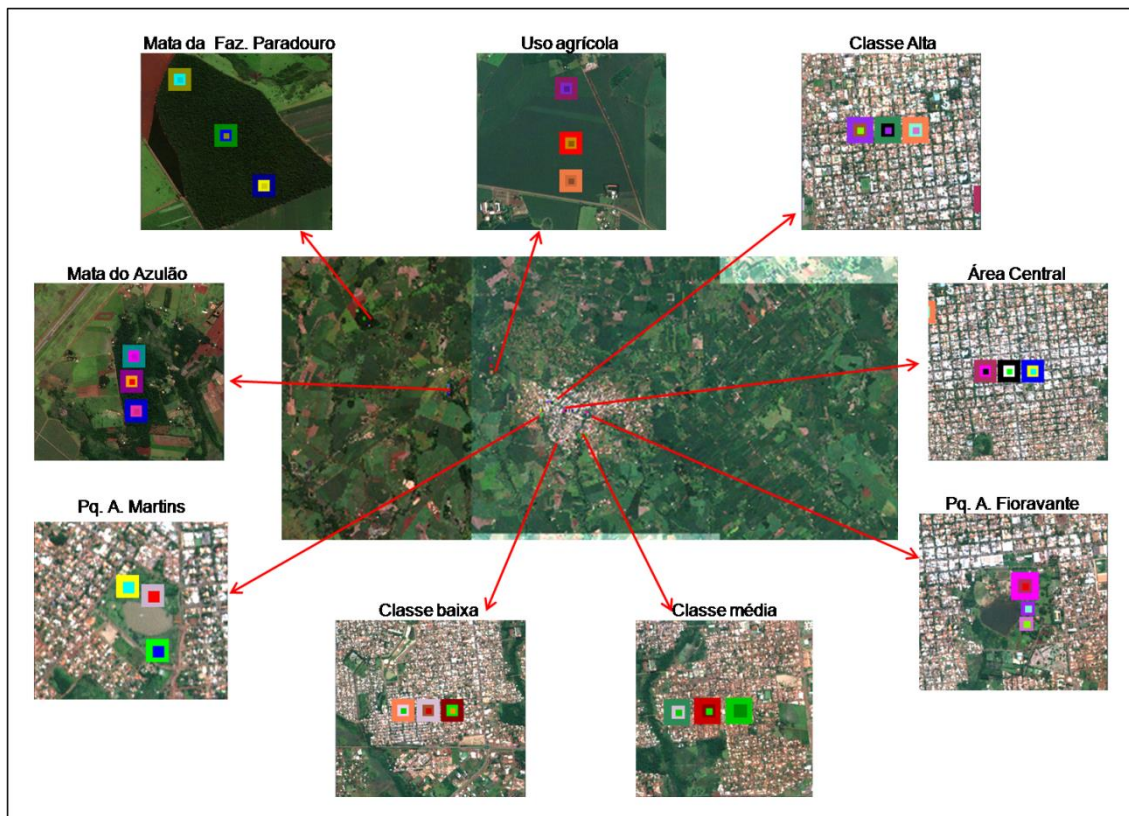
## **3. MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1. Área de Estudo**

### **3.2. Análise espectral das imagens**

Para a realização do presente trabalho, foram selecionadas nove áreas de diferentes usos da terra dentro do município de Dourados, contemplando áreas construídas, áreas verdes urbanas, remanescentes de vegetação nativa e cultivo (Figura 2). As áreas construídas foram divididas em quatro tipos, sendo elas: bairros de classe baixa, média e alta e também a área central da cidade.

Dentro das áreas verdes urbanas, foram selecionados dois parques: o Parque Antenor Martins, situado na porção leste do município, e o Parque Arnulpho Fioravante, localizado na porção oeste. A Mata do Azulão e a Mata da Fazenda Paradoiro foram as áreas selecionadas para compor o estudo dos remanescentes de vegetação nativa, classificadas como floresta estacional semidecidual (SEMAC, 2011), e a área plantada com soja foi escolhida para a área de estudo de cultivo.



**Figura 2:** Regiões de interesse criadas em áreas de diferentes usos no município de Dourados-MS (elaborado por Thaís M. G. Rocha, a partir de imagens do sensor RapidEye que abrangem o município de Dourados-MS).

Para a cobertura integral desses pontos de estudo dentro do município de Dourados, foram adquiridas no banco de dados da Embrapa Monitoramento por Satélite 19 cenas do sensor RapidEye (especificações na Tabela 1), datadas entre janeiro e agosto de 2013, sendo cada cena correspondente a uma área de 25km<sup>2</sup>. As imagens passaram pela calibração e correção para os efeitos da atmosfera e depois foram convertidas para os valores de reflectância de superfície (GOMES *et al.*, 2013) utilizando-se o Sistema de Calibração e Correção Atmosférica Multisensor (SCCAM). Tais procedimentos proporcionaram um melhor ganho na qualidade das cenas, já que forneceram dados mais refinados para as análises.

**Tabela 3.1:** Especificações técnicas do sensor RapidEye.

<b>Banda</b>	<b>Comp. de onda</b>
Azul	440 – 510 nm
Verde	520 – 590 nm
Vermelho	630 – 690 nm
Red-Edge	690 – 730 nm
Infravermelho próximo	760 – 880 nm
<b>Resolução espacial</b>	
6,5m (nadir) e 5 m para ortoimagens	
<b>Resolução temporal</b>	
24 horas (off-nadir) e 5,5 dias (nadir)	
<b>Faixa Imageada</b>	
77,25 km	
<b>Resolução Radiométrica</b>	
12 bits = 4096 tons cinza	

Fonte: Embrapa Monitoramento por Satélite (2013).

Após a preparação das imagens, foi necessário criar um mosaico contendo todas as 19 cenas, no qual posteriormente foram adotados os seguintes procedimentos utilizando-se o software ENVI® 4.7:

- I) Em cada um dos pontos de interesse citados anteriormente, foram selecionadas três áreas amostrais por meio da ferramenta 'ROI tool'
- II) Para cada área amostral, foram delimitados três regiões de interesse ('rois'), representando três extensões diferentes: 300m X 300m, 150m X 150m e 75m X 75m, correspondendo, respectivamente, a 3.600, 900 e 225 pixels.
- III) Para cada 'roi', foi gerado um relatório estatístico, salvo em formato 'txt' e usado para realizar as análises espectrais

As análises dos padrões texturais das áreas selecionadas seguiram a metodologia aplicada por Mattos (2010), a qual envolve o uso de medidas de complexidade baseadas na entropia informacional.

### **3.3. Medidas baseadas na entropia informacional**

Para a avaliação da complexidade das regiões de interesse, os arquivos 'txt' com os relatórios estatísticos dos 'rois' foram exportados para o programa

CompPlexus, o qual permite calcular a complexidade dos padrões (no sentido de heterogeneidade de suas texturas) por meio de três medidas de complexidade baseadas na entropia informacional: medida de variabilidade  $H_e/H_{max}$ , medida SDL e medida LMC (VEDOVATO *et al.*, 2013), descritas a seguir.

### 3.3.1. Medida de variabilidade $H_e/H_{max}$

Relacionada à entropia informacional de Shannon, essa medida atribui maiores valores de complexidade a padrões desordenados e menores valores de complexidade a padrões mais ordenados. Sendo assim, tal medida permite avaliar se o alvo selecionado se encontra próximo a um desses extremos. Entretanto, conforme aponta Parrott (2005), os sistemas espacialmente mais complexos são aqueles cujo padrão espacial se situa numa zona intermediária entre uma distribuição regular (ordenada) e uma distribuição desordenada.

De acordo com Mattos (2010), o cálculo para se chegar ao resultado dessa medida é relativamente simples, definindo-se primeiramente o número total de estados possíveis, chamado de extensão do sistema ( $N$ ). No caso da análise textural das imagens, o  $N$  será equivalente à quantidade de diferentes valores de números digitais ('DN') apresentados pelos pixels em uma determinada banda. Com base nesse valor, calcula-se a entropia máxima do sistema,  $H_{max}$ , (que é alcançada quando todos os estados são equiprováveis), definida por:

$$H_{max} = \log_2 N$$

Em seguida, calcula-se a probabilidade de cada estado ( $p_i$ ), a qual é dada pela frequência relativa de pixels com determinado valor de DN. Obtendo-se os valores para  $p_i$ , a entropia informacional,  $H_e$ , associada à estrutura do sistema, é dada por:

$$H_e = \sum_{i=1}^N p_i \log(1/p_i)$$

Por fim, obtém-se a medida de complexidade dividindo a entropia informacional calculada,  $H_e$ , pela entropia máxima,  $H_{max}$ :

$$C = H_e/H_{max}$$

### 3.3.2. Medidas de complexidade SDL e LMC

As medidas SDL e LMC (iniciais dos sobrenomes dos criadores das medidas: **S**hiner, **D**avison e **L**andsberg, no caso da primeira medida; e **L**ópez-Ruiz, **M**ancini e **C**albet, na segunda) representam o que Parrot (2005) afirma sobre a complexidade das paisagens, pois consideram que maiores valores de complexidade correspondem a padrões de heterogeneidade intermediária, ou seja, situados entre a ordem e a desordem. Tais medidas expressam matematicamente esse pressuposto a partir de funções convexas da desordem (SHINER *et al.*, 1999).

A equação da medida SDL é:

$$C_{SDL} = (H_e/H_e^{max})[1 - (H_e/H_e^{max})]$$

A primeira parte da equação ( $H_e/H_e^{max}$ ) refere-se ao termo de desordem, enquanto sua parte final ( $[1 - (H_e/H_e^{max})]$ ) representa o chamado termo de ordem (PIQUEIRA e MATTOS, 2011).

Já para a medida LMC, o termo de ordem é substituído pelo termo denominado *desequilíbrio* ( $D$ ), o qual mede, segundo Piqueira (2016), a distância entre a distribuição de probabilidade apresentada e a distribuição equiprovável:

$$D = \sum_{i=0}^N (p_i - 1/N)^2$$

Dessa forma, a medida LMC é dada por:

$$C_{LMC} = (H_e/H_e^{max})D$$

### 3.4. Análise estatística dos dados:

Os dados gerados a partir do cálculo das medidas de complexidade da imagem foram submetidos ao teste estatístico de análise de variância (ANOVA), disponível no programa computacional Bioestat. Para as comparações que apresentavam casos de variâncias desiguais foi aplicado o teste de Tukey, considerando nível de significância  $p < 0,05$ . O uso desse teste

permitiu avaliar se eventuais diferenças nos valores obtidos entre duas áreas distintas eram estatisticamente significativas ou resultantes apenas de erro amostral.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

##### **4.1) Valores das medidas para as bandas 1 e 2:**

São apresentados a seguir os resultados das medidas de complexidade para as bandas 1 e 2, as quais foram selecionadas a partir de teste anterior por demonstrarem melhores resultados para as análises em comparação as outras bandas e a média das bandas.

De acordo com a Tabela 4.1, pode-se perceber que, para a medida de variabilidade  $H_e/H_{max}$  na extensão 3.600 pixels, os maiores valores encontram-se, em sua maioria, nas áreas de vegetação nativa, enquanto os menores valores se concentram nas áreas urbanizadas. O mesmo se repete, em geral, para a extensão de 900 pixels, na qual as áreas verdes urbanas (não avaliadas na extensão anterior em razão do tamanho reduzido de suas áreas) apresentam comportamento semelhante às áreas de remanescentes. Entretanto, há certa disparidade na extensão 225 pixels, uma vez que os valores de complexidade estão dispostos de forma mais aleatória, apresentando valores altos e baixos sem um padrão de acordo com os tipos de uso. Levando em consideração os princípios dessa medida, pressupor-se-ia que, nas extensões 3.600 e 900 pixels, as áreas situadas no ambiente urbano apresentam maior homogeneidade interna do que as áreas localizadas no ambiente rural (remanescentes de vegetação nativa e agricultura). Tais resultados claramente se opõem ao que seria esperado (padrões mais desordenados no ambiente urbano) e ao que foi encontrado por Salomão e Mattos (2015) para os mesmos rois analisados, porém para imagens do sensor ASTER. Uma possível explicação para isso é que, no presente trabalho, foram usadas imagens de diferentes épocas do ano, abrangendo tanto estação seca como chuvosa, o que influencia na resposta dos alvos analisados. Além disso, deve-se lembrar que o intervalo de comprimento de onda da banda 1 (azul) do RapidEye não é abrangido por nenhuma banda correspondente no ASTER. A diferença na resolução espacial e radiométrica entre os sensores ASTER e

RapidEye também podem terem implicado na diferença entre os resultados obtidos entre os dois trabalhos.

Em relação à extensão de 225 pixels, os resultados mostram que os maiores níveis de desordem estão dispersos pelas diferentes áreas de estudo. Percebe-se, assim, que a quantidade reduzida de pixels (ou seja, pouca informação) nessa extensão leva a variações no comportamento de alvos com mesmo tipo de uso da terra.

Já para as medidas de complexidade SDL e LMC, percebemos que há diferença em relação à medida anterior, conforme esperado pelas lógicas distintas que as embasam. Para a extensão 3.600 pixels, os maiores valores de complexidade são verificados nas áreas urbanizadas, e os menores nas áreas verdes e no ambiente rural. Da mesma forma, tais comportamentos ocorrem para a extensão 900 pixels (Tabela 4.1). Já na extensão 225, assim como aconteceu para a medida He/Hmax, os valores não seguem o padrão das extensões anteriores, apresentando valores baixos, altos e intermediários de forma aleatória para as diferentes áreas de estudo (Tabela 4.1). Nesse sentido, partindo da premissa da medida, podemos considerar que para as extensões 3.600 e 900 pixels, as áreas urbanizadas estão mais próximas da heterogeneidade intermediária e, portanto, apresentam padrões mais complexos. Novamente, os resultados diferem do que seria esperado e também do que foi encontrado por Salomão e Mattos (2015) para os mesmos alvos usando imagem ASTER.

Os resultados para a banda 2 (Tabela 4.2) apresentam comportamento semelhante ao que foi observado para a banda 1. Para a medida He/Hmax, os maiores valores de complexidade encontram-se nas áreas verdes, em maior parte nas áreas de vegetação nativa, tanto para a extensão 3.600 pixels, quanto para 900 pixels; já para a extensão de 225 pixels, não se verifica nenhuma tendência em relação aos graus de complexidade dos diferentes tipos de uso da terra. Os resultados para as medidas SDL e LMC também seguem o comportamento dos valores de complexidade da banda 1, no qual é verificado que os maiores valores encontram-se nas áreas urbanizadas nas extensões 3.600 e 900 pixels, enquanto que para 225 pixels os valores estão dispostos de forma aleatória para os distintos tipos de uso da terra (Tabela 4.2).

**Tabela 4.1:** Valores da medida de variabilidade He/Hmax e medidas de complexidade SDL e LMC para a Banda 1 das áreas analisadas no município de Dourados (MS).

Tipo de uso da terra	Local	Área Amostral	He/Hmax			SDL			LMC		
			3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225
Área urbanizada	Área central	1	0.851342	0.942038	0.969302	0.126559	0.054602	0.029755	0.008743	0.003486	0.002733
		2	0.875882	0.933318	0.964995	0.108712	0.062236	0.03378	0.006744	0.004242	0.003118
		3	0.849013	0.894881	0.953623	0.12819	0.094069	0.044226	0.008521	0.007646	0.004727
	Bairros Classe Baixa	1	0.869582	0.922533	0.957532	0.113409	0.071466	0.040665	0.007513	0.005421	0.004329
		2	0.850539	0.907419	0.967876	0.127122	0.08401	0.031092	0.010053	0.006744	0.002912
		3	0.851266	0.903792		0.126612	0.086952		0.009147	0.006793	
	Bairros Classe Média	1	0.863851	0.931701	0.967104	0.117613	0.063634	0.031814	0.009069	0.004215	0.003146
		2	0.844813	0.908301	0.95071	0.131104	0.083291	0.046861	0.012035	0.0076	0.005188
		3	0.879367	0.923392	0.955468	0.10608	0.070739	0.042549	0.006667	0.004997	0.004651
	Bairros Classe Alta	1	0.866189	0.907836	0.941086	0.115906	0.083669	0.055443	0.008445	0.007409	0.006621
		2	0.892793	0.923097	0.974291	0.095714	0.070989	0.025048	0.00546	0.005065	0.002221
		3	0.85903	0.898354	0.953093	0.121097	0.091314	0.044707	0.009278	0.008045	0.004947
Área Verde Urbana	Pq Arnulpho Fioravante	1	0.895672	0.935274	0.949755	0.093444	0.060536	0.047721	0.006452	0.004467	0.004961
		2		0.944392	0.961188		0.052516	0.037306		0.003487	0.003672
		3		0.93256	0.95759		0.062892	0.040611		0.004797	0.004288
	Pq Antenor Martins	1		0.916432	0.956848		0.076584	0.04129		0.005805	0.004822
		2		0.932049	0.95648		0.063334	0.041626		0.004041	0.004376
		3		0.867464	0.962168		0.114971	0.0364		0.010333	0.003525
Remanescentes de Vegetação Nativa	Mata do Azulão	1	0.925522	0.947995	0.968831	0.068931	0.049301	0.030198	0.003524	0.003004	0.003019
		2	0.890654	0.946052	0.956907	0.09739	0.051038	0.041236	0.007553	0.003379	0.004362
		3	0.902604	0.949802	0.967961	0.08791	0.047678	0.031013	0.007389	0.003023	0.003026
	Mata da Faz. Paradoiro	1	0.922313	0.94236	0.960259	0.071651	0.054318	0.038161	0.003981	0.003392	0.003822
		2	0.923671	0.947261	0.964881	0.070503	0.049957	0.033886	0.003513	0.00297	0.003175
		3	0.917368	0.944618	0.962592	0.075804	0.052315	0.036008	0.004058	0.003571	0.003551
Agricultura	Soja	1	0.88989	0.948174	0.967983	0.097986	0.04914	0.030992	0.007988	0.003125	0.002921
		2	0.886143	0.94223	0.958545	0.100893	0.054433	0.039737	0.008019	0.003712	0.004349
		3	0.884404	0.920095	0.96424	0.102234	0.073521	0.034481	0.007603	0.006928	0.003479

Legenda: ■ = maiores valores de complexidade na respectiva extensão

■ = valores intermediários de complexidade na respectiva extensão.

■ = menores valores de complexidade na respectiva extensão.



**Tabela 4.2:** Valores da medida de variabilidade He/Hmax e medidas de complexidade SDL e LMC para a Banda 2 das áreas analisadas no município de Dourados (MS).

Tipo de uso da terra	Local	Área Amostral	He/Hmax			SDL			LMC		
			3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225
Area urbanizada	Área central	1	0.865269	0.947584	0.971915	0.116579	0.049668	0.027296	0.007693	0.003136	0.002372
		2	0.877755	0.928669	0.961304	0.107301	0.066243	0.037198	0.006676	0.004506	0.003701
		3	0.86227	0.901438	0.970696	0.118761	0.088847	0.028446	0.007743	0.007182	0.002478
	Bairros Classe Baixa	1	0.864149	0.920217	0.959833	0.117396	0.073418	0.038554	0.007778	0.005291	0.003819
		2	0.858813	0.904566	0.964977	0.121253	0.086326	0.033797	0.009194	0.006891	0.00342
		3	0.850194	0.900185		0.127364	0.089852		0.009206	0.007326	
	Bairros Classe Média	1	0.864119	0.927865	0.959122	0.117418	0.066931	0.039207	0.009392	0.00443	0.003987
		2	0.847539	0.910881	0.956649	0.129216	0.081177	0.041472	0.01046	0.006525	0.004297
		3	0.888225	0.931459	0.966042	0.099282	0.063843	0.032804	0.006025	0.004431	0.003144
Bairros Classe Alta	1	0.871998	0.922665	0.954843	0.111618	0.071354	0.043118	0.008071	0.006099	0.004684	
	2	0.891558	0.916369	0.971902	0.096682	0.076637	0.027309	0.005828	0.005615	0.00254	
	3	0.874981	0.910926	0.958734	0.109389	0.08114	0.039563	0.007992	0.006936	0.00429	
Area Verde Urbana	Pq Arnulpho Fioravante	1	0.93342	0.945842	0.936232	0.062147	0.051225	0.059702	0.003235	0.003148	0.006966
		2		0.947999	0.968549		0.049297	0.030462		0.00284	0.002756
		3		0.946819	0.967552		0.050353	0.031395		0.002929	0.002839
	Pq Antenor Martins	1		0.935243	0.965409		0.060563	0.033394		0.004248	0.003345
		2		0.961229	0.967876		0.037268	0.031092		0.002017	0.002917
		3		0.849633	0.964009		0.127757	0.034695		0.012708	0.00366
Remanescentes de Vegetação Nativa	Mata do Azulão	1	0.91202	0.937021	0.956522	0.080239	0.059012	0.041588	0.004322	0.00397	0.004699
		2	0.921177	0.939705	0.955382	0.07261	0.05666	0.042627	0.004063	0.003789	0.004575
		3	0.899218	0.943576	0.964232	0.090625	0.05324	0.034489	0.006895	0.003861	0.003304
	Mata da Faz. Paradoiro	1	0.922574	0.939829	0.953376	0.071431	0.05655	0.04445	0.004197	0.003944	0.00494
		2	0.92165	0.945087	0.955642	0.072211	0.051898	0.042391	0.004092	0.003648	0.004501
		3	0.911063	0.935139	0.956181	0.081028	0.060654	0.041899	0.005029	0.004639	0.004841
Agricultura	Soja	1	0.907966	0.949499	0.96393	0.083563	0.047951	0.034769	0.006414	0.003284	0.003416
		2	0.929318	0.945851	0.962022	0.065686	0.051217	0.036536	0.003407	0.00341	0.003625
		3	0.896163	0.94381	0.962631	0.093055	0.053033	0.035972	0.007348	0.003341	0.003504

Legenda: ■ = maiores valores de complexidade na respectiva extensão

■ = valores intermediários de complexidade na respectiva extensão.

■ = menores valores de complexidade na respectiva extensão.

#### 4.2) Análise de variância aplicada aos resultados da banda 1:

Em relação à análise de variância da extensão 3.600 pixels para a medida de variabilidade He/Hmax (Tabela 4.3) e SDL (Tabela 4.4) para a banda 1, percebe-se que a área de vegetação nativa da Mata do Azulão e da Fazenda Paradoiro apresentam diferenças estatisticamente significativas em seus valores de complexidade quando comparadas com as áreas urbanizadas. Já as áreas urbanizadas e as de vegetação nativa, ao serem comparadas com a área de agricultura, não apresentam diferenças significativas, indicando semelhança em seus graus de complexidade.

**Tabela 4.3:** Resultados do teste ANOVA para a medida de variabilidade He/Hmax - Extensão 3.600 pixels - Banda 1

	Área Central	Classe Baixa	Classe Média	Classe Alta	A. Fioravante	Ant. Martins	Azulão	Paradoiro	Soja
Área Central									
Classe Baixa									
Classe Média									
Classe Alta									
A. Fioravante									
Ant. Martins									
Azulão									
Paradoiro									
Soja									

Legenda: ■ sem diferença significativa entre as duas médias comparadas ■ há diferença significativa entre as duas médias comparadas

**Tabela 4.4:** Resultados do teste ANOVA para a medida de complexidade SDL - Extensão 3.600 pixels - Banda 1

	Área Central	Classe Baixa	Classe Média	Classe Alta	A. Fioravante	Ant. Martins	Azulão	Paradoiro	Soja
Área Central									
Classe Baixa									
Classe Média									
Classe Alta									
A. Fioravante									
Ant. Martins									
Azulão									
Paradoiro									
Soja									

Legenda: ■ sem diferença significativa entre as duas médias comparadas ■ há diferença significativa entre as duas médias comparadas

Os resultados da análise de variância da medida de complexidade LMC para a banda 1 (Tabela 4.5), extensão 3.600 pixels, mostram que as únicas áreas que apresentam diferenças significativas está na Mata da Fazenda Paradoiro quando comparada aos bairros classe média e classe baixa. Já para as outras áreas, os valores de complexidade não possuem diferenças por apresentarem semelhança no grau de complexidade dos seus padrões.

**Tabela 4.5:** Resultados do teste ANOVA para a medida de complexidade LMC - Extensão 3.600 pixels - Banda 1

	Área Central	Classe Baixa	Classe Média	Classe Alta	A. Fioravante	Ant. Martins	Azulão	Paradouro	Soja
Área Central									
Classe Baixa									
Classe Média									
Classe Alta									
A. Fioravante									
Ant. Martins									
Azulão									
Paradouro									
Soja									

Legenda: ■ sem diferença significativa entre as duas médias comparadas ■ há diferença significativa entre as duas médias comparadas

A partir das tabelas 4.6 a 4.11, para as extensões 900 e 225 pixels na banda 1, percebe-se que, para todas as medidas, não existem diferenças significativas entre o grau de complexidade de seus padrões. Isso ocorre devido ao fato de que, ao diminuir as extensões das áreas, a quantidade de informação obtida não é suficiente para identificar diferenças significativas nos valores de complexidade dos padrões das áreas analisadas. Nesse sentido, podemos perceber que as aplicações das medidas de complexidade para imagens RapidEye são mais eficientes em áreas de maior extensão, consequentemente apresentando melhores resultados sobre o grau de complexidade dos alvos.

**Tabela 4.6:** Resultados do teste ANOVA para a medida de variabilidade He/Hmax - Extensão 900 pixels - Banda 1

	Área Central	Classe Baixa	Classe Média	Classe Alta	A. Fioravante	Ant. Martins	Azulão	Paradouro	Soja
Área Central									
Classe Baixa									
Classe Média									
Classe Alta									
A. Fioravante									
Ant. Martins									
Azulão									
Paradouro									
Soja									

Legenda: ■ sem diferença significativa entre as duas médias comparadas ■ há diferença significativa entre as duas médias comparadas

**Tabela 4.7:** Resultados do teste ANOVA para a medida de complexidade SDL - Extensão 900 pixels - Banda 1

	Área Central	Classe Baixa	Classe Média	Classe Alta	A. Fioravante	Ant. Martins	Azulão	Paradouro	Soja
Área Central									
Classe Baixa									
Classe Média									
Classe Alta									
A. Fioravante									
Ant. Martins									
Azulão									
Paradouro									
Soja									

Legenda: ■ sem diferença significativa entre as duas médias comparadas ■ há diferença significativa entre as duas médias comparadas

**Tabela 4.8:** Resultados do teste ANOVA para a medida de complexidade LMC - Extensão 900 pixels - Banda 1

	Área Central	Classe Baixa	Classe Média	Classe Alta	A. Fioravante	Ant. Martins	Azulão	Paradouro	Soja
Área Central									
Classe Baixa									
Classe Média									
Classe Alta									
A. Fioravante									
Ant. Martins									
Azulão									
Paradouro									
Soja									

Legenda: ■ sem diferença significativa entre as duas médias comparadas ■ há diferença significativa entre as duas médias comparadas

**Tabela 4.9:** Resultados do teste ANOVA para a medida de variabilidade He/Hmax - Extensão 225 pixels - Banda 1

	Área Central	Classe Baixa	Classe Média	Classe Alta	A. Fioravante	Ant. Martins	Azulão	Paradouro	Soja
Área Central									
Classe Baixa									
Classe Média									
Classe Alta									
A. Fioravante									
Ant. Martins									
Azulão									
Paradouro									
Soja									

Legenda: ■ sem diferença significativa entre as duas médias comparadas ■ há diferença significativa entre as duas médias comparadas

**Tabela 4.10:** Resultados do teste ANOVA para a medida de complexidade SDL - Extensão 225 pixels - Banda 1

	Área Central	Classe Baixa	Classe Média	Classe Alta	A. Fioravante	Ant. Martins	Azulão	Paradouro	Soja
Área Central									
Classe Baixa									
Classe Média									
Classe Alta									
A. Fioravante									
Ant. Martins									
Azulão									
Paradouro									
Soja									

Legenda: ■ sem diferença significativa entre as duas médias comparadas ■ há diferença significativa entre as duas médias comparadas

**Tabela 4.11:** Resultados do teste ANOVA para a medida de complexidade LMC - Extensão 225 pixels - Banda 1

	Área Central	Classe Baixa	Classe Média	Classe Alta	A. Fioravante	Ant. Martins	Azulão	Paradouro	Soja
Área Central									
Classe Baixa									
Classe Média									
Classe Alta									
A. Fioravante									
Ant. Martins									
Azulão									
Paradouro									
Soja									

Legenda: ■ sem diferença significativa entre as duas médias comparadas ■ há diferença significativa entre as duas médias comparadas

#### 4.3) Análise de variância aplicada aos resultados da banda 2:

Os resultados da análise de variância das medidas de variabilidade He/Hmax (Tabela 4.12) e complexidade SDL (Tabela 4.13) para a banda 2 e extensão de 3.600 pixels, mostram que as áreas urbanas possuem diferenças significativas no grau de complexidade de seus padrões ao serem comparadas com as áreas de vegetação nativa e agricultura. Quanto às áreas de agricultura e remanescentes de vegetação nativa, percebe-se que não existem diferenças significativas quando comparadas entre si. Isto ocorre porque as respostas espectrais dessas áreas são semelhantes.

Os resultados da análise de variância da medida de complexidade LMC para a banda 2 e extensão de 3.600 pixels (Tabela 4.14) são idênticos aos observados para a banda 1 (Tabela 4.5), mostrando somente diferenças significativas entre a Mata da Fazenda Paradoiro e os bairros classe média e classe baixa.

**Tabela 4.12:** Resultados do teste ANOVA para a medida de variabilidade He/Hmax - Extensão 3.600 pixels - Banda 2

	Área Central	Classe Baixa	Classe Média	Classe Alta	A. Fioravante	Ant. Martins	Azulão	Paradoiro	Soja
Área Central									
Classe Baixa									
Classe Média									
Classe Alta									
A. Fioravante									
Ant. Martins									
Azulão									
Paradoiro									
Soja									

Legenda: ■ sem diferença significativa entre as duas médias comparadas ■ há diferença significativa entre as duas médias comparadas

**Tabela 4.13:** Resultados do teste ANOVA para a medida de complexidade SDL - Extensão 3.600 pixels - Banda 2

	Área Central	Classe Baixa	Classe Média	Classe Alta	A. Fioravante	Ant. Martins	Azulão	Paradoiro	Soja
Área Central									
Classe Baixa									
Classe Média									
Classe Alta									
A. Fioravante									
Ant. Martins									
Azulão									
Paradoiro									
Soja									

Legenda: ■ sem diferença significativa entre as duas médias comparadas ■ há diferença significativa entre as duas médias comparadas

**Tabela 4.14:** Resultados do teste ANOVA para a medida de complexidade LMC - Extensão 3.600 pixels - Banda 2

	Área Central	Classe Baixa	Classe Média	Classe Alta	A. Fioravante	Ant. Martins	Azulão	Paradouro	Soja
Área Central									
Classe Baixa									
Classe Média									
Classe Alta									
A. Fioravante									
Ant. Martins									
Azulão									
Paradouro									
Soja									

Legenda: ■ sem diferença significativa entre as duas médias comparadas ■ há diferença significativa entre as duas médias comparadas

Assim como foi observado para a banda 1, os resultados do Anova para as extensões de 900 e 225 pixels para a banda 2 também mostram que nenhuma das medidas conseguiu detectar diferenças significativas entre os alvos (Tabelas 4.15 a 4.20).

**Tabela 4.15:** Resultados do teste ANOVA para a medida de variabilidade He/Hmax - Extensão 900 pixels - Banda 2

	Área Central	Classe Baixa	Classe Média	Classe Alta	A. Fioravante	Ant. Martins	Azulão	Paradouro	Soja
Área Central									
Classe Baixa									
Classe Média									
Classe Alta									
A. Fioravante									
Ant. Martins									
Azulão									
Paradouro									
Soja									

Legenda: ■ sem diferença significativa entre as duas médias comparadas ■ há diferença significativa entre as duas médias comparadas

**Tabela 4.16:** Resultados do teste ANOVA para a medida de complexidade SDL - Extensão 900 pixels - Banda 2

	Área Central	Classe Baixa	Classe Média	Classe Alta	A. Fioravante	Ant. Martins	Azulão	Paradouro	Soja
Área Central									
Classe Baixa									
Classe Média									
Classe Alta									
A. Fioravante									
Ant. Martins									
Azulão									
Paradouro									
Soja									

Legenda: ■ sem diferença significativa entre as duas médias comparadas ■ há diferença significativa entre as duas médias comparadas

**Tabela 4.17:** Resultados do teste ANOVA para a medida de complexidade LMC - Extensão 900 pixels - Banda 2

	Área Central	Classe Baixa	Classe Média	Classe Alta	A. Fioravante	Ant. Martins	Azulão	Paradouro	Soja
Área Central									
Classe Baixa									
Classe Média									
Classe Alta									
A. Fioravante									
Ant. Martins									
Azulão									
Paradouro									
Soja									

Legenda: ■ sem diferença significativa entre as duas médias comparadas ■ há diferença significativa entre as duas médias comparadas

**Tabela 4.18:** Resultados do teste ANOVA para a medida de variabilidade He/Hmax - Extensão 225 pixels - Banda 2

	Área Central	Classe Baixa	Classe Média	Classe Alta	A. Fioravante	Ant. Martins	Azulão	Paradouro	Soja
Área Central									
Classe Baixa									
Classe Média									
Classe Alta									
A. Fioravante									
Ant. Martins									
Azulão									
Paradouro									
Soja									

Legenda: ■ sem diferença significativa entre as duas médias comparadas ■ há diferença significativa entre as duas médias comparadas

**Tabela 4.19:** Resultados do teste ANOVA para a medida de complexidade SDL - Extensão 225 pixels - Banda 2

	Área Central	Classe Baixa	Classe Média	Classe Alta	A. Fioravante	Ant. Martins	Azulão	Paradouro	Soja
Área Central									
Classe Baixa									
Classe Média									
Classe Alta									
A. Fioravante									
Ant. Martins									
Azulão									
Paradouro									
Soja									

Legenda: ■ sem diferença significativa entre as duas médias comparadas ■ há diferença significativa entre as duas médias comparadas

**Tabela 4.20:** Resultados do teste ANOVA para a medida de complexidade LMC - Extensão 225 pixels - Banda 2

	Área Central	Classe Baixa	Classe Média	Classe Alta	A. Fioravante	Ant. Martins	Azulão	Paradouro	Soja
Área Central									
Classe Baixa									
Classe Média									
Classe Alta									
A. Fioravante									
Ant. Martins									
Azulão									
Paradouro									
Soja									

Legenda: ■ sem diferença significativa entre as duas médias comparadas ■ há diferença significativa entre as duas médias comparadas

Observando a dinâmica entre os meios urbano e rural, percebemos que os resultados obtidos foram mais eficazes para a medida de variabilidade He/Hmax e complexidade SDL. Isto porque, ao pensar na área urbana, entende-se que as relações que nela existam sejam diferentes das relações que ocorrem no ambiente rural. No entanto, a medida LMC apresentou pior desempenho ao comparar as diferentes áreas de Dourados.

#### **4.4) Análise de variância aplicada somente para alvos situados na área urbana consolidada**

##### **4.4.1) Banda 1:**

As Tabelas 4.21 a 4.23 trazem os resultados da análise de variância para todas as extensões das áreas urbanizadas, inclusive os das áreas verdes urbanas. Sendo assim, de acordo com a Tabela 4.21, podemos perceber que para a medida He/Hmax – banda 1, existem algumas diferenças significativas para as áreas. Entretanto, a área central é a que apresenta maior diferença significativa ao ser comparada com as demais extensões e áreas. Já a área com menor diferença significativa ao ser comparada com as demais áreas encontra-se no Parque Arnulpho Fioravante.

A Tabela 4.22 mostra o resultado da análise de variância da medida SDL banda 1, na qual pode-se perceber que o maior número de diferenças significativas encontra-se na área de classe baixa, enquanto as áreas com menor diferença significativas são encontradas nos parques Arnulpho Fioravante e Antenor Martins.

Para a medida LMC banda 1 (Tabela 4.23), percebe-se que existem apenas dois casos de diferenças significativas, sendo elas na área central para a extensão 3.600 pixels, quando comparadas com as áreas de classe baixa e média na extensão 225 pixels.

##### **4.4.2) Banda 2**

De acordo com a análise de variância da medida de variabilidade He/Hmax (Tabela 4.24) e complexidade SDL (Tabela 4.25), elas apresentam menor quantidade de diferenças significativas na banda 2 do que na banda anteriormente analisada. Ainda assim, a área que concentra maior número de casos de diferenças significativas é a classe baixa quando comparada com outras extensões para todas áreas. Já os parques Arnulpho Fioravante e o



Antenor Martins possuem menor quantidade de diferenças significativas quando comparadas as outras extensões e áreas.

Conforme mostrado na Tabela 4.26, não são encontradas diferenças significativas para a análise de variância para a medida de complexidade LMC.



**Tabela 4.23 - Resultados do teste ANOVA para a medida das áreas urbanas para a medida de complexidade LMC - Banda 1**

	Pixels	Área Central			Classe Baixa			Classe Média			Classe Alta			A. Fioravante			Ant. Martins		
		3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225
Área Central	3600																		
	900																		
	225																		
Classe Baixa	3600																		
	900																		
	225																		
Classe Média	3600																		
	900																		
	225																		
Classe Alta	3600																		
	900																		
	225																		
A. Fioravante	3600																		
	900																		
	225																		
Ant. Martins	3600																		
	900																		
	225																		

Legenda: ■ sem diferença significativa entre as duas médias comparadas ■ há diferença significativa entre as duas médias comparadas

**Tabela 4.24 - Resultados do teste ANOVA para a medida das áreas urbanas para a medida de variabilidade He/Hmax - Banda 2**

	Pixels	Área Central			Classe Baixa			Classe Média			Classe Alta			A. Fioravante			Ant. Martins		
		3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225
Área Central	3600																		
	900																		
	225																		
Classe Baixa	3600																		
	900																		
	225																		
Classe Média	3600																		
	900																		
	225																		
Classe Alta	3600																		
	900																		
	225																		
A. Fioravante	3600																		
	900																		
	225																		
Ant. Martins	3600																		
	900																		
	225																		

Legenda: ■ sem diferença significativa entre as duas médias comparadas ■ há diferença significativa entre as duas médias comparadas



## **Análise de variância das áreas de vegetação – Banda 1**

A seguir são apresentados os resultados referentes à análise de variância entre as áreas de vegetação, incluindo os parques Antenor Martins e Arnulpho Fioravante.

De acordo com as Tabela 4.27 e 4.28, as quais apresentam os resultados referentes a banda 1 da medida He/Hmax e SDL, respectivamente, percebe-se que o parque Arnulfo Fioravante só possui diferenças significativas em seu grau de complexidade quando comparado às áreas do parque Antenor Martins, mata do Azulão e cultivo de soja. As áreas com maior quantidade de diferenças significativas são encontradas nas áreas de cultivo de soja e da mata do Azulão ao serem comparadas com os outros alvos e extensões.

Já para a medida LMC (Tabela 4.29), a área que apresentou maior diferença nos padrões de uso da terra encontra-se no cultivo de soja.

## **Análise de variância das áreas de vegetação – Banda 2**

A análise de variância das áreas de vegetação na banda 2 demonstrou poucas diferenças significativas para todas as medidas como pode ser observado nas Tabelas 4.30, 4.31 e 4.32. Para a medida He/Hmax, o parque Antenor Martins foi a única área que apresentou diferenças significativas ao ser comparado com os outros alvos. Enquanto para a medida SDL foi a área de cultivo de soja que apresenta maior quantidade de diferenças significativas. Já para a medida LMC, não houve diferenças nas comparações.

**Tabela 4.27** - Resultados do teste ANOVA para a medida das áreas de vegetação para a medida de variabilidade He/Hmax - Banda 1

	Pixels	A. Fioravante			Ant. Martins			Azulão			Paradouro			Soja		
		3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225
A. Fioravante	3600															
	900															
	225															
Ant. Martins	3600															
	900															
	225															
Azulão	3600															
	900															
	225															
Paradouro	3600															
	900															
	225															
Soja	3600															
	900															
	225															

Legenda: ■ sem diferença significativa entre as duas médias comparadas ■ há diferença significativa entre as duas médias comparadas

**Tabela 4.4** - Resultados do teste ANOVA para a medida das áreas de vegetação para a medida de complexidade SDL - Banda 1

	Pixels	A. Fioravante			Ant. Martins			Azulão			Paradouro			Soja		
		3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225
A. Fioravante	3600															
	900															
	225															
Ant. Martins	3600															
	900															
	225															
Azulão	3600															
	900															
	225															
Paradouro	3600															
	900															
	225															
Soja	3600															
	900															
	225															

Legenda: ■ sem diferença significativa entre as duas médias comparadas ■ há diferença significativa entre as duas médias comparadas

**Tabela 4.29** - Resultados do teste ANOVA para a medida das áreas de vegetação para a medida de complexidade LMC - Banda 1

	Pixels	A. Fioravante			Ant. Martins			Azulão			Paradouro			Soja		
		3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225
A. Fioravante	3600															
	900															
	225															
Ant. Martins	3600															
	900															
	225															
Azulão	3600															
	900															
	225															
Paradouro	3600															
	900															
	225															
Soja	3600															
	900															
	225															

Legenda: ■ sem diferença significativa entre as duas médias comparadas ■ há diferença significativa entre as duas médias comparadas

**Tabela 4.30** - Resultados do teste ANOVA para a medida das áreas de vegetação para a medida de variabilidade He/Hmax - Banda 2

	Pixels	A. Fioravante			Ant. Martins			Azulão			Paradouro			Soja		
		3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225
A. Fioravante	3600															
	900															
	225															
Ant. Martins	3600															
	900															
	225															
Azulão	3600															
	900															
	225															
Paradouro	3600															
	900															
	225															
Soja	3600															
	900															
	225															

Legenda: ■ sem diferença significativa entre as duas médias comparadas ■ há diferença significativa entre as duas médias comparadas

**Tabela 4.31** - Resultados do teste ANOVA para a medida das áreas de vegetação para a medida de complexidade SDL - Banda 2

		A. Fioravante			Ant. Martins			Azulão			Paradouro			Soja		
		3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225
A. Fioravante	3600															
	900															
	225															
Ant. Martins	3600															
	900															
	225															
Azulão	3600															
	900															
	225															
Paradouro	3600															
	900															
	225															
Soja	3600															
	900															
	225															

Legenda: ■ sem diferença significativa entre as duas médias comparadas ■ há diferença significativa entre as duas médias comparadas

**Tabela 4.32** - Resultados do teste ANOVA para a medida das áreas de vegetação para a medida de complexidade LMC - Banda 2

	Pixels	A. Fioravante			Ant. Martins			Azulão			Paradouro			Soja		
		3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225	3600	900	225
A. Fioravante	3600															
	900															
	225															
Ant. Martins	3600															
	900															
	225															
Azulão	3600															
	900															
	225															
Paradouro	3600															
	900															
	225															
Soja	3600															
	900															
	225															

Legenda: ■ sem diferença significativa entre as duas médias comparadas ■ há diferença significativa entre as duas médias comparadas



## 5. CONCLUSÕES

Na presente pesquisa foram avaliadas áreas de uso e ocupação da terra do município de Dourados (MS) e para as quais foram aplicadas diferentes métricas baseadas na entropia informacional para avaliar seus graus de complexidade. Os resultados revelaram que, de acordo com a medida  $H_e/H_{max}$ , os parques urbanos, as áreas de vegetação nativa e de agricultura apresentaram maior grau de variabilidade, enquanto as áreas urbanas construídas mostraram padrões com menor grau de variabilidade. Já as medidas SDL e LMC revelaram comportamento inverso: os parques urbanos, as áreas de vegetação nativa e de agricultura apresentaram menores valores de complexidade, enquanto as áreas urbanas obtiveram maiores valores de complexidade para as duas bandas. Tais resultados, entretanto, diferem do esperado para as três medidas, o que pode ser explicado pela variação das datas de imagens utilizadas, abrangendo tanto estação seca como chuvosa. Além disso, a alta resolução radiométrica do RapidEye (12 bits ou 4.096 níveis de cinza) resulta em uma presença de *DNs* de diversos valores em um mesmo alvo, o que influencia na diversidade de informação e, conseqüentemente, nos valores das medidas baseadas na entropia informacional.

Os resultados da análise de variância mostraram que, para o sensor RapidEye, é aconselhado usar extensões maiores para avaliar os graus de complexidade de diferentes usos da terra, posto que as extensões 900 e 225 pixels não evidenciaram diferenças estatisticamente significativas entre os alvos. Foi possível perceber também que, dentre as três medidas, a medida de complexidade LMC foi a que apresentou pior desempenho, indicando que esta medida não é apropriada para ser aplicada a imagens do sensor RapidEye, aqui utilizado. Comparativamente, as medidas de variabilidade  $H_e/H_{max}$  e complexidade SDL se mostraram mais efetivas na avaliação do nível de complexidade de alvos em imagens do referido sensor.

O trabalho avaliou o grau de complexidade dos diferentes tipos de uso da terra utilizando-se de métricas de paisagem que podem auxiliar no planejamento e gestão dessas áreas. Partindo desse ponto, percebe-se que o emprego das métricas de paisagem baseada na entropia informacional pode auxiliar na gestão ambiental de outras áreas, como por exemplo, realizando

uma análise multitemporal em áreas de recuperação ambiental, podendo verificar os níveis de complexidade em diferentes épocas, a fim de avaliar o desenvolvimento de recuperação dessas áreas. Assim como foi apresentado no presente trabalho, a avaliação da dinâmica urbana também usufrui da aplicação das métricas de paisagem, principalmente no que se refere a análises sobre as expansões que as cidades vem passando, propiciando melhor compreensão sobre esses espaços e conseqüentemente no melhor planejamento dessas áreas. Outro uso relevante para aplicação das métricas está relacionado ao monitoramento do estado e evolução da preservação em unidades de conservação, podendo indicar se a unidade está ou não sendo gerenciada como deveria.

## 6. REFERÊNCIAS

EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. **Satélites de Monitoramento**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2013. Disponível em: [em: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br>](http://www.sat.cnpm.embrapa.br). Acesso em: 16 jun. 2015.

GOMES, D.; VICENTE, L. E.; SILVA, R. F. B. da; CARVALHO, S.; MAÇORANO, R. P.; VICTORIA, D.; BATISTELLA, M. Uso de dados MODIS e AIRS para obtenção de parâmetros de correção atmosférica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013, p. 8019-8026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas de população para 1º de julho de 2015**. Disponível em: [em: <http://www.ibge.gov.br>](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: 02 maio 2016

MACHELLI, L. F. B. **O conceito de entropia informacional permite prever a aprendizagem serial, em ratos?** 2011. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, na Área de Fisiologia Geral, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: [em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41135/tde-10072012.../Leopoldo\\_Marchelli.pdf>](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41135/tde-10072012.../Leopoldo_Marchelli.pdf). Acesso em: 17 maio 2016.

MATSUMOTO, M. L.; PEREIRA, Z. V.; PEREIRA, J. G.; SANGALLI, A.; FERNANDES, S. S. L. Avaliação ambiental do parque urbano Arnulpho Fioravante para adoção de estratégias de restauração. **Boletim Paranaense de Geociências**. v. 66-67, p.51-60, maio 2012. Disponível em: [em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/>](http://ojs.c3sl.ufpr.br/). Acesso em: 12 abr. 2016.

MATTOS, S. H. V. L. **Complexidade dos padrões espaciais e espectrais de fitofisionomias de Cerrado no estado de São Paulo**. 2010. 210 f. Tese (Doutorado em Geografia área análise ambiental e dinâmica territorial) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas – SP. 2010

MATTOS, S. H. V. L. & PEREZ-FILHO, A. **Complexidade e estabilidade em sistemas geomorfológicos**. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, ano 5, n.1, 2004, p. 11-18.

MATTOS, S. H. V. L. **Identificação de variações nos padrões espaciais em área de vegetação nativa a partir do uso de medidas de complexidade aplicadas à imagem do sensor ASTER**. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 5., 2014, Campo Grande. **Anais...** INPE, 2014, p. 575-583.

METZGER, J.P. **O que é ecologia da paisagem?**. *Biota Neotropica*, v.1, n.1/2, 2001, p.1-9. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v1n12/pt/fullpaper?bn00701122001+pt>>. Acesso em: 29 fev. 2016

MORIN, E. A epistemologia da complexidade. In: MORIN, E. & LE MOIGNE, J-L. A inteligência da complexidade. Tradução de Nurimar Maria Falci. Coleção Nova Consciência. São Paulo: Ed. Peirópolis, 2000c

PARROT, L. **Quantifying the complexity of simulated spatiotemporal population dynamics**. *Ecological Complexity*, v.2, 2005, p.175-184.

PELEGRINI, Djalma Ferreira. Sobre o conceito de paradigma no pensamento de Edgar Morin. **Revista Triângulo**, Uberaba, v. 5, n. 1, p.57-74, jan/jun 2012. Disponível em: <<http://www.uftm.edu.br/revistatriangulo>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

PEREIRA, L. E.; PEREIRA, J. G.. Identificação e análise das áreas de vulnerabilidade ambiental da cidade de Corumbá (MS). **Revista Geografia (Londrina)**, Londrina, v. 21, n. 1, p.85-101, jan./abr. 2012. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/index>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

PIQUEIRA, J.R.C. **'Weighting order and disorder on complexity measures'**, 2016. Artigo submetido à Physica A.

Piqueira, J.R.C.; Mattos S.H.V.L. **Note on LMC complexity measure**. *Ecological Modelling*, v.222, 2011, p.3603– 3604

PREFEITURA MUNICIPAL DE DOURADOS. **A cidade: Síntese histórica**. Dourados. SEPLAN, 2001. Disponível em <[www.dourados.ms.gov.br](http://www.dourados.ms.gov.br)> Acesso em: 12 abr. 2016

ROCHA, T. M. G.; GRANDO, W. R.; GONÇALES, J. V. S.; DAMETTO, M. A.; OLIVEIRA, R. C. **Avaliação do processo de planejamento e implementação da expansão do perímetro urbano de Dourados-MS**. In: V SEREX – Seminário de Extensão Universitária da Região Centro-Oeste. 2012, Goiânia-GO. Anais eletrônicos... Goiânia: UFG 2012. Disponível em: <<https://serex2012.proec.ufg.br/>> Acesso em: 10 abr. 2016

SALOMÃO, L. A.; MATTOS S. H. V. L. **Comparação de métricas de avaliação da complexidade da paisagem**. In: ENCONTRO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 9 ENEPE UFGD - 6 EPEX UEMS. 2015, Dourados. Anais eletrônicos... Dourados: UFGD, 2016. Disponível em: <<http://eventos.ufgd.edu.br/enepex/anais/arquivos/1127.pdf>> Acesso em: 20 jan. 2016.

SAMPAIO, S. M. N. **Dinâmica e complexidade da paisagem do projeto de assentamento Benfica, sudeste paranaense**. 2008. 180p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias – Área de concentração em agrossistemas) – Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém – PA. 2008.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE, DO PLANEJAMENTO, DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO MATO GROSSO DO SUL. **Caderno Geoambiental das Regiões de planejamento do Mato Grosso do Sul**. Campo Grande. SEMAC/MS, 2011. Disponível em: <[www.semade.ms.gov.br](http://www.semade.ms.gov.br)> Acesso em 10 de abril de 2016

SHINER, J.S. & DAVISON, M. **Simple measure of complexity**. *Physical Review E*, v.59, n.2, p.1459-1464, 1999.

SILVA, K. G. **Avaliação da cobertura florestal da sub-bacia hidrográfica do rio Alegre, Sul do estado do Espírito Santo, utilizando geotecnologias**. 2012. 92 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias. Jerônimo Monteiro.

VEDOVATO, L. B.; VICENTE, L. E.; PAIM, F. A. P.; PIQUEIRA, J. R. C.; MATTOS, S. H. V. L., *Complexus*: programa para avaliação de complexidade de padrões em imagens multiespectrais de sensores remotos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 1790-1792.

VEDOVATO, L. B.; VICENTE, L. E.; PIQUEIRA, J. R. C.; MATTOS, S. H. V. L. **Análise multiespectral de medidas de complexidade utilizando o software *Complexus* aplicado a dados do sensor ASTER.** XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, João Pessoa-PB, 25-29 abril 2015, p.5967-5974.

VICENTE, Eduardo Luiz. **Caracterização de sistemas ambientais tropicais complexos utilizando análise sistêmica e processamento hiperespectral de dados do sensor ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer).** 2007. 192 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2007.

## **ANEXO I**

### **NORMAS DA REVISTA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS - RBCIAMB**

#### **Escopo**

- A Revista Brasileira de Ciências Ambientais – RBCIAMB - publica artigos completos de trabalhos científicos originais ou trabalhos de revisão com relevância para a área de Ciências Ambientais. A RBCIAMB prioriza artigos com perspectiva interdisciplinar. O foco central da revista é a discussão de problemáticas que se inscrevam na relação sociedade e natureza em sentido amplo, envolvendo aspectos ambientais em processos de desenvolvimento, tecnologias e conservação. A submissão dos trabalhos é de fluxo contínuo.

#### **Língua**

- A RBCIAMB publica artigos em Português e em Inglês.

#### **Submissão**

- Os artigos submetidos à RBCIAMB devem ser inéditos e estar dentro do escopo da revista.
- Todo o processo de submissão e análise é feito por via eletrônica, através do email [rbciamb@abes-dn.org.br](mailto:rbciamb@abes-dn.org.br). Os arquivos devem estar em MSWord, ter no máximo 10Mb com todo o conteúdo do artigo, arquivos com figuras ou mapas de formato superior devem ser editadas de forma a serem compatíveis com a limitação apresentada.
- Os trabalhos, sempre que possível, devem ser organizados com a seguinte estrutura: título em português e inglês, nome dos autores, afiliação dos autores com cidade e estado, resumo, abstract, palavras-chave, key words, introdução, objetivos, materiais e métodos, resultados e discussão, conclusões e referências.
- Resumos com no máximo 150 palavras.
- O texto deverá ser formatado para um tamanho de página A-4, margens 3 cm para esquerda e superior, e 2 cm inferior e direita. As páginas deverão ser devidamente numeradas. Deve ser empregada fonte Calibri, corpo 10. O espaçamento entre as linhas deverá ser 1,15. O texto integral do artigo não deve ultrapassar 15 páginas.
- O número de autores permitido para cada submissão é de até cinco. Casos excepcionais enviar email para [rbciamb@abes-dn.org.br](mailto:rbciamb@abes-dn.org.br)

#### **Figuras e tabelas**

- O tamanho máximo que pode ter figura e tabela é de uma página A4;
- Tabelas e figuras devem ser limitadas a 5 no conjunto;
- Serão aceitos artigos com tabelas ou figuras. Quadros serão identificados como tabela. Todos os gráficos, desenhos, figuras e fotografias devem ser denominados "Figura".
- Não se escreve "FONTE" abaixo ou acima de figura ou tabela, o correto é citar a referência no texto referente ao objeto (figura ou tabela).
- As figuras e tabelas devem ser numeradas em ordem crescente de acordo com a sua inserção no texto.
- Legendas de tabelas são colocadas acima das tabelas e de figuras abaixo.

## **Referências**

- A Revista Brasileira de Ciências Ambientais adota as normas vigentes da ABNT 2002 - NBR 6023.

## **Avaliação**

- Toda contribuição submetida à RBCIAMB é encaminhada para revisores ad-hoc. No caso dos revisores solicitarem alterações as mesmas devem ser realizadas num período de até 30 dias ou a critério do Editor. O autor responsável deverá encaminhar uma versão corrigida do manuscrito identificando as alterações realizadas ou enviar documento anexo detalhando todas as correções, indicando página e linha onde foram feitas.

## **Copyright:**

- O conteúdo dos artigos é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es), que declaram se responsabilizar por qualquer reclamação de terceiros quanto a conflitos envolvendo direitos autorais, assumindo e isentando a RBCIAMB de qualquer pendência envolvendo suas publicações. Os autores que encaminharem seus artigos cedem à RBCIAMB os respectivos direitos de reprodução e/ou publicação.

## **Sistema de Cobrança**

- A Revista Brasileira de Ciências Ambientais, cobra taxa de contribuição por submissão de manuscrito. O valor a partir de 01/02/2016 é de R\$ 100,00 por manuscrito submetido à avaliação. A taxa destina-se a não sócios da ABES. Caso o autor seja sócio, enviar e-mail para [rbciamb@abes-dn.org.br](mailto:rbciamb@abes-dn.org.br) informando número de matrícula ABES para isentar-se da taxa. Observação: A taxa de submissão não será restituída caso o manuscrito seja recusado, e o pagamento da taxa não garante o aceite do artigo, que passará normalmente pelo processo de avaliação. Associe-se à ABES: <http://socio.abes-dn.org.br/>