

## ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL NO ENTORNO DE DEZ CAVERNAS EM AURORA DO TOCANTINS – TO

MULTI-TEMPORAL ANALYSIS OF THE VEGETATION COVERAGE AROUND OF TEN CAVES IN AURORA DO TOCANTINS CITY TOCANTINS STATE

Fabiane Fernandes da Silva & Fernando de Moraes

Universidade Federal do Tocantins - UFT.

Contatos: [fabiane.palmas@gmail.com](mailto:fabiane.palmas@gmail.com); [morais@uft.edu.br](mailto:morais@uft.edu.br)

### Resumo

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a cobertura vegetal nas proximidades de dez cavernas ao longo de vinte anos em Aurora do Tocantins - TO. A metodologia utilizada foi dividida em duas etapas: a primeira envolveu trabalho de campo e a segunda empregou técnicas de processamento digital de imagens de satélite dos anos de 1990, 2000 e 2010 (satélite Landsat 5). Esse processamento visou à quantificação (porcentagem) da cobertura vegetal no entorno das cavernas estudadas. Os resultados demonstraram que dentre as dez cavernas estudadas, duas delas demonstraram um aumento no percentual da cobertura vegetal ao longo de todo o período analisado. Em três delas houve um aumento da vegetação no período compreendido entre 1990 e 2000, entretanto, o ano de 2010 quando comparado ao de 2000 demonstrou uma redução na mancha de vegetação e cinco das cavernas estudadas demonstraram um declínio na vegetação no período entre 1990 e 2000, porém, houve um acréscimo no período compreendido entre 2000 e 2010.

**Palavras-Chave:** sensoriamento remoto; cavernas; cobertura vegetal.

### Abstract

*This study aimed to evaluate the vegetation in the vicinity of ten caves over twenty years in Aurora do Tocantins – TO, central Brazil. The methodology was divided into two stages: the first involved field work and the second digital processing techniques using satellite images (Landsat 5) of the years 1990, 2000 and 2010. That processing was carried out to the quantification (percentage) of the vegetation coverage around of the studied caves. The results demonstrated that among the ten studied caves, two of them demonstrated an increase in the percentage of the vegetation coverage along the whole analyzed period. In three of them there was an increase of the vegetation in the period understood between 1990 and 2000, however, the year of 2010 when compared to the of 2000 it demonstrated a reduction in the vegetation stain and five of the studied caves demonstrated a decline in the vegetation in the period between 1990 and 2000, however, in the same caves, there was an increment in the period understood between 2000 and 2010.*

**Key-words:** remote sensing; caves; vegetation coverage.

## 1. INTRODUÇÃO

As interferências antrópicas no ambiente, sobretudo no meio natural, têm, ao longo dos anos, provocado alterações em vários tipos de ecossistemas, dentre eles o sistema cárstico.

O carste é um tipo de relevo complexo podendo ser definido como um conjunto de formas, condicionadas pela estrutura e pela dissolução das rochas e processos geomorfológicos associados, no qual as cavernas são parte integrante deste sistema (HARDT, 2008).

Uma das alterações neste tipo de ambiente é o desmatamento, utilizado para fins urbanísticos, agricultura, pastoreio e outros tipos de atividade que têm contribuído para significativas mudanças.

Conca (1978), em seu trabalho sobre problemas ambientais em áreas cársticas, cita dentre outras atividades no exterior da caverna, as alterações na vegetação como sendo um dos impactos para o sistema cavernícola.

De acordo com a União Internacional para a Conservação da Natureza - IUCN (1997), as modificações na vegetação em consequência de sua subtração podem interferir também no fluxo e na qualidade da água no carste, uma vez que as árvores possuem papel importante para a manutenção do mesmo.

Diante disso, ao longo do tempo, o ser humano tem buscado meios de detectar alterações no meio ambiente para uma possível correção, visando uma melhoria na qualidade ambiental e

consequentemente na sua própria qualidade de vida. Nesse contexto, surge o sensoriamento remoto, grande aliado nos estudos ambientais. Para Rocha (2005), as imagens de satélite são tidas desde o seu surgimento como uma excelente forma de obter informações atualizadas das atividades que decorrem do ambiente urbano e rural, a custos razoavelmente baixos quando comparados a outras formas de monitoramento ambiental.

O uso do sistema de informações geográficas (SIG), aliado ao monitoramento e fiscalização do uso da terra, possibilita compor um banco de informações que permite realizar diagnóstico e, consequentemente, viabilizar o uso de medidas apropriadas que possam mitigar ou mesmo corrigir os eventuais problemas ambientais em áreas cársticas (VESTENA *et al.*, 2002).

Neste viés, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a cobertura vegetal ao longo de vinte anos, tendo como referência dez cavernas situadas em Aurora do Tocantins, visando detectar os padrões de mudança na vegetação ao longo dos anos.

### 1.1 Área de estudo

O município de Aurora do Tocantins localiza-se na região sudeste do Estado do Tocantins nas coordenadas 12°42'07" de latitude Sul e 46°25'04" de longitude oeste. Possui uma área de 753 km<sup>2</sup> com população de 3.446 habitantes (IBGE, 2010).

O clima da região é tropical equatorial e de grande amplitude térmica, com temperaturas variando entre 20°C durante a noite e 40°C durante o dia. Possui vegetação de um cerrado de sentido amplo, pois apresenta um mosaico da vegetação típica do bioma com composições diferenciadas denominadas de Campo Limpo, Campo Sujo, Cerradão entremeadas por formações de florestas como veredas, várzeas, campos rupestres e outros (INVTUR, 2008).

O município é caracterizado por maciços calcários aflorados com morfologia adequada à presença de cavidades e outras feições cársticas. “Essa região está geologicamente situada no contexto do Grupo Bambuí, que apresenta grande concentração de cavernas” (MORAIS; SOUZA, 2009, p. 02).

## 2. METODOLOGIA

Buscando atingir os objetivos propostos neste trabalho, a realização do mesmo se deu em duas

etapas: trabalho de campo e técnicas de processamento digital em laboratório.

### 2.1 Trabalho de campo

Durante a primeira etapa foi realizado um trabalho de campo, sendo visitadas dez cavernas no município de Aurora do Tocantins (Quadro 1) em fevereiro de 2011 para coleta das coordenadas geográficas com uso de aparelhos de GPS, bem como observação da vegetação existente próxima às cavidades.

**Quadro 1** - Relação das cavernas por ordem de visitação em Aurora do Tocantins.

Nome	Coordenadas	Litologia	Desenvolvimento
Gruta dos Moura	S 12°34'537" W 46°30'586"	Calcário	1.000m
Caverna D. Concei�o	S 12°36'602" W 46°24'303"	Calcário	-
Gruta do Culto	S 12°37'070" W 46°26'006"	Calcário	617,40m
Gruta do Mistério	S 12°39'262" W 46°26'447"	Calcário	484m
Gruta do Arco do Mocambo	S 12°47'081" W 46°27'416"	Calcário	300m
Toca da Onça do Mocambo	S 12°47'027" W 46°26'444"	Calcário	400m
Gruta das R�s	S 12°41'371" W 46°24'243"	Calcário	567m
Gruta Sabiá	S 12°42'311" W 46°23'517"	Calcário	186,90m
Gruta da Guariroba	S 12°40'531" W 46°23'537"	Calcário	322,70m
Gruta Cachoeira	S 12°40'515" W 46°24'038"	Calcário	384,50m

### 2.2 Técnicas de processamento digital

Nesta etapa, para a avalia o da cobertura vegetal, foi realizada uma compara o entre três imagens de satélite da órbita 220 ponto 69 capturadas nas seguintes datas: 1990, 2000 e 2010. Segundo Yang (2002, citado por ALT, 2008), a análise multitemporal de imagens de satélite pode ser usada para estudo da evolu o do solo, bem como da cobertura vegetal, possibilitando detectar altera es ao longo dos anos.

Com o objetivo de minimizar os erros no processamento das imagens, optou-se por trabalhar nos meses de maio e junho, quando há uma menor interferência de efeitos atmosféricos, por exemplo, o

que poderia vir a prejudicar a interpretação dos dados.

Para a realização do estudo, foram utilizadas imagens do satélite americano Landsat 5, sensor TM (*Thematic Mapper*), com resolução espacial de 30 m. Tais imagens foram obtidas gratuitamente no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O atributo vegetação foi analisado por meio do programa SPRING (Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas), tendo como referência um círculo (*buffer*) com raio de 500m partindo da coordenada geográfica que situa cada caverna.

*Pré-processamento das imagens de satélite* - As imagens de satélite possuem distorções que precisam ser corrigidas. Dessa forma, o primeiro passo foi fazer o processamento de correção geométrica e radiométrica. A correção radiométrica é importante nos estudos multitemporais, uma vez que há variação nas condições da atmosfera entre uma data e outra (IBGE, 1992).

O estudo comparativo entre as imagens usou técnicas de processamento digital de imagens (PDI). O PDI envolve a manipulação das imagens digitais no sentido de facilitar a extração de informações (IBGE, 1992). A partir da realização dessas técnicas computacionais, é possível a correção de imperfeições existentes. Com as devidas correções, as imagens foram inseridas em um banco de dados geográfico através do *software* SPRING.

*Processamento das imagens* - Para a classificação das imagens foi utilizada a técnica de classificação supervisionada MAXVER – Máxima Verossimilhança (*pixel a pixel*).

O processo de classificação foi iniciado com a definição de classe para a chave de identificação, onde foram agrupados os padrões de vegetação, além da criação de uma categoria denominada “outros”, uma vez que o objetivo era identificar apenas a mancha de vegetação. A classe “vegetação” considerou todos os tipos de vegetação da região como Cerrado e floresta. A classe “outros” representa os afloramentos rochosos, agricultura, estradas, dentre outros. Para tal, utilizou-se a composição colorida das bandas 3(R), 4(G) e 3(B).

A análise dos resultados foi facilitada pelo cálculo de área através do *software* de geoprocessamento do SPRING, por meio do qual foi possível a geração dos dados referente às duas classes mapeadas. De posse desses dados, os mesmos foram transportados para uma planilha do

programa *Excel*, onde foram calculadas as percentagens referentes a cada classe.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise multitemporal forneceu informações referentes à dinâmica da vegetação em momentos diferentes, permitindo dessa forma, avaliar quantitativamente este atributo da paisagem nos pontos estudados (Tabela 1). Os dados demonstraram três resultados distintos para a cobertura vegetal próxima às cavernas estudadas, o que permitiu dividi-las em três grupos: o primeiro grupo de cavernas envolve as que demonstraram um crescimento gradativo de vegetação em sua área, sem ocorrer nenhum declínio ao longo dos anos em estudo; o segundo grupo refere-se às cavidades que, no período compreendido entre 1990 a 2000, demonstraram um crescimento da vegetação, enquanto que na última década (imagens de 2000 e 2010) houve uma redução da mesma e o terceiro grupo engloba as cavernas onde a mancha de vegetação foi reduzida na primeira década, mas aumentou nos últimos dez anos. Para facilitar a obtenção dos dados, neste trabalho, foi assumido um raciocínio binário, considerando-se apenas a percentagem de vegetação, sendo o restante referente a categoria “outros”.

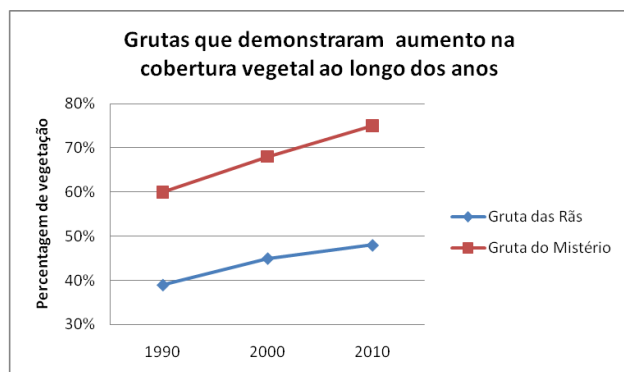
**Tabela 1** – Percentagem de vegetação na área de dez cavernas em Aurora do Tocantins, nos anos 1990, 2000 e 2010.

Cavernas	Percentagem de Vegetação		
	1990	2000	2010
Gruta dos Moura	58%	45%	50%
Caverna D. Conceição	38%	56%	53%
Gruta do Culto	46%	35%	39%
Gruta do Mistério	60%	68%	75%
Gruta do Arco do Mocambo	37%	40%	35%
Toca da Onça do Mocambo	61%	43%	50%
Gruta das Rãs	39%	45%	48%
Gruta Sabiá	71%	75%	37%
Gruta Guariroba	52%	43%	54%
Gruta Cachoeira	54%	48%	50%

#### 3.1 Primeiro grupo de cavernas

De acordo com os dados encontrados, duas cavernas encontram-se nesse grupo: a gruta do Mistério e a gruta das Rãs. Ambas têm aumentado gradativamente sua área vegetada ao longo dos anos analisados. Mesmo se localizando próximo a fazendas, as mesmas tem se mantido no período dos vinte anos estudado sem declínio de vegetação. Em

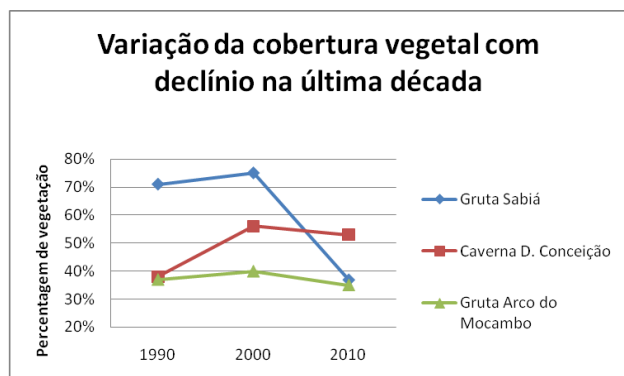
1990 a área do entorno da gruta do Mistério era constituída por 60% de vegetação, aumentando para 68% em 2000 e seguindo a mesma linha em 2010, quando apresentava 75% de vegetação, ou seja, aumentou uma média de 11,8% de vegetação. No ano de 1990 a gruta das Rãs tinha sua área constituída de 39% de vegetação, em 2000 aumentou para 45% e em 2010 tinha 48%, obtendo, portanto, um crescimento de 11% na cobertura vegetal (Gráfico 1).



**Gráfico 1** – Grutas que demonstraram um crescimento de vegetação no período entre 1990 e 2010 em Aurora do Tocantins.

### 3.2 Segundo grupo de cavernas

Três das dez cavernas estudadas compõem o segundo grupo, que demonstrou uma variação na vegetação no período compreendido entre 1990 e 2010, sendo elas a caverna Dona Conceição, a Gruta Arco do Mocambo e a Gruta Sabiá (Gráfico 2).



**Gráfico 2** – Grutas que demonstraram uma variação da cobertura vegetal com declínio na última década em Aurora do Tocantins.

A caverna Dona Conceição, localizada bem próxima a uma fazenda, tinha seu entorno em 1990 coberto por 38% de vegetação. Em 2000, essa área chegou a 56%, ou seja, houve um significativo aumento da cobertura vegetal, aumentando em média 47,3%. Entretanto, em 2010, essa vegetação teve uma queda de 5,3% com relação ao ano 2000,

chegando a ocupar 53% de cobertura vegetal. Um dos motivos para essa queda nos últimos dez anos pode estar associado ao fácil acesso (inclusive à própria caverna) e ao desmatamento para a criação de gado na área.

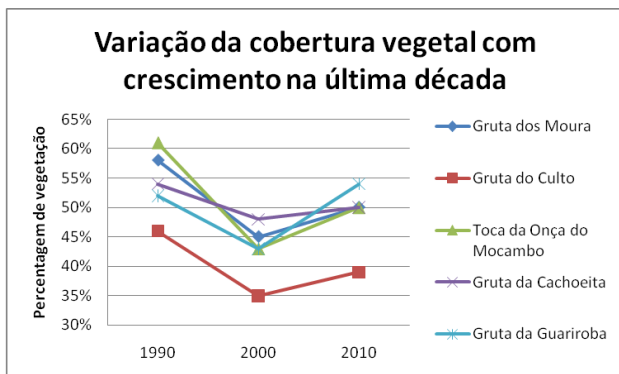
A gruta Arco do Mocambo teve sua vegetação aumentada do ano de 1990, quando continha 37% de vegetação para 40% no ano 2000. Nos anos seguintes, a área vegetada existente (imagens de 2000 e 2010) foi reduzida para 35%, ou seja, aumentou 8,1% na primeira década e diminuiu em 12,5% sua vegetação nos últimos anos de estudo.

Pelo fato da gruta Sabiá encontrar-se inserida numa RPPN (Reserva Particular do Patrimônio Natural), esperava-se que essa fosse uma das cavernas com entorno bem vegetado. No entanto, os dados demonstraram que enquanto em 1990 a área próxima à gruta possuía uma percentagem elevada de cobertura vegetal, sendo constituída de 71% de vegetação e com crescimento chegando a ocupar 75% da área no período de dez anos (2000), a partir de 2000, essa vegetação foi gradativamente sendo reduzida e ocupou em 2010, 37% do total, ou seja, enquanto houve um aumento de 5,6% nos dez primeiros anos analisados, na última década houve uma redução de 50,6% de vegetação. Ao que tudo indica a criação de uma área particular não teve influência positiva sob a cobertura vegetal dessa área onde se encontra inserida a gruta Sabiá. A explicação para tal resultado é o fato desta caverna em especial estar localizada bem próxima a estrada, sendo, portanto, de fácil acesso. Outra explicação também pode estar no fato dessa cavidade estar inserida em uma área de implantação de um projeto de instalação de um centro de pesquisas ambientais. Assim, as obras preparatórias para a construção desse centro de pesquisa pode ter colaborado para essa evolução da área sem vegetação no período analisado.

### 3.3 Terceiro grupo de cavernas

A Gruta dos Moura, Gruta do Culto, Gruta Toca da Onça do Mocambo, Gruta da Cachoeira e Gruta da Guariroba compõem o terceiro grupo de cavernas. Estas se diferenciam das demais, uma vez que a vegetação existente em um raio de 500 m de distância das mesmas sofreu mudanças distintas dos demais grupos, ou seja, houve um declínio de sua vegetação no período compreendido entre 1990 e 2000, porém, houve um crescimento entre 2000 e 2010 (Gráfico 3).





**Gráfico 3** – Grutas que demonstraram uma variação da cobertura vegetal com crescimento na última década em Aurora do Tocantins.

O entorno da gruta dos Moura no ano de 1990 era composto por 58% de vegetação, sendo esta reduzida para 45% em 2000, aumentando para 50% em 2010, ou seja houve uma redução de 22,4% na primeira década e um aumento de 11% nos últimos anos.

A gruta do Culto demonstrou durante os primeiros anos de estudo, ou seja, no período de 1990 a 2000, uma redução da cobertura vegetal, enquanto que no período entre 2000 e 2010 houve um aumento dessa cobertura. Em 1990 a área era constituída de 46% de vegetação, em 2000 35% e 2010 39%, reduzindo, portanto, em média 23,9% na primeira década e aumentando em 11,4% na última década.

A gruta Toca da Onça era constituída de 61% de vegetação em 1990, essa porcentagem foi reduzida para 43% em 2000, chegando a ocupar 50% em 2010, ou seja, diminuiu 29,5% na primeira década e aumentou nos anos seguintes 16,2%.

Em 1990, a Gruta da Cachoeira tinha seu entorno com 54% de vegetação, diminuindo em média 11% de sua vegetação até em 2000, quando atingiu 48% de vegetação, voltando essa vegetação a aumentar em 2010, atingindo 50%, ou seja, aumentando em média 4,16% na última década.

A gruta da Guariroba seguiu a mesma dinâmica. Em 1990 apresentava 52% de vegetação em seu entorno. Em 2000 essa vegetação foi reduzida para 43% e em 2010 atingiu 54%, ou seja, houve uma redução de 17,3% nos primeiros anos de estudo e houve um crescimento de 25,58% entre 2000 e 2010.

Embora a vegetação dos últimos dez anos tenha entrado em processo de regeneração como demonstra os resultados, não se deve descuidar do referido fato, uma vez que no período dos dez anos anteriores essa mesma vegetação teve um declínio

em seu percentual nas áreas de entorno das cavernas estudadas.

#### 4. CONCLUSÃO

Estudos da taxa de vegetação no entorno de cavernas situadas no município de Aurora do Tocantins até o presente momento são preliminares, havendo necessidade e potencial existente para novas investigações.

De acordo com os resultados encontrados, dentre as dez cavernas em estudo, duas delas apresentaram aumento na taxa de vegetação ao longo dos anos estudados. Três cavernas demonstraram um acréscimo da cobertura vegetal no período entre 1990 e 2000, entretanto, houve uma redução dessa vegetação até o ano de 2010, quando comparada ao ano 2000 e cinco delas, demonstrou uma redução nos primeiros dez anos (1990 a 2000), porém a vegetação aumentou no período de 2010 quando comparado ao ano de 2000.

A maioria das cavernas que demonstraram um crescimento de cobertura vegetal na última década são grutas de difícil acesso, o que pode ter interferido para tais resultados, entretanto em anos anteriores houve um declínio dessa taxa de cobertura vegetal, o que exige, portanto, mais estudos para análise dos resultados.

Dentre os vários estudos possíveis para esclarecimento dos padrões de variação da vegetação no entorno de cavernas, a análise de um número maior de imagens e sua correlação com áreas de queimadas seria uma opção. Outra opção seria a correlação da variação da cobertura vegetal com as características topográficas do terreno, que podem ser um empecilho ao desmatamento.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Prefeitura Municipal de Aurora do Tocantins, ao Grupo Dolina de Espeleologia pelo apoio logístico nos trabalhos de campo, aos acadêmicos de geografia da UFT Gilney Cardoso Pereira e Daniel Ramos dos Santos pela ajuda nos trabalhos de campo e processamento digital de imagens, respectivamente.

O presente estudo foi desenvolvido com auxílio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq na forma de bolsa de produtividade em pesquisa concedida ao segundo autor, processo nº 314759/2009-3. A primeira autora agradece ao mesmo órgão de financiamento (CNPq)

pela concessão da bolsa de mestrado que possibilitou a realização desta pesquisa.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALT, L. R. **Efetividade Sócio-ambiental da APA Carste de Lagoa Santa – MG: Uma avaliação a partir de suas ferramentas de planejamento e gestão.** 2008, 243f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 2008.
- CONCA, F. P. **Problemas ambientais de áreas cársticas: El efecto de la ocupacion humana sobre el ecosistema cavernícola,** parte 2. Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología, 9(17):73-96 Abril, 1978.
- HARDT, R. **Sistema cárstico e impactos antrópicos: considerações sobre o manejo.** In: Simpósio de Pós-Graduação em Geografia, 1., Rio Claro- SP, pp. 1295-1309, 2008.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Introdução ao processamento digital de imagens,** Rio de Janeiro: IBGE. 92 p., 1992.
- INVTUR – Inventário Turístico. **Inventário da Oferta Turística de Aurora – Tocantins,** 24 p., 2008.
- IUCN – International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. **Guidelines for Cave and Karst Protection.** World Commission on Protected Areas, 65 pp, 1997.
- MORAIS, F; SOUZA, L. B. **Cavernas em arenito na porção Setentrional da Serra do Lajeado, Estado do Tocantins, Brasil.** Rev. de Biologia e Ciências da Terra. Vol. 9, n. 2, 13 p.; 2009.
- ROCHA, J. **Deteção remota e sistemas de informação geográfica para produção de cartografia de uso e ocupação do solo.** Finisterra. pp. 23-39, 2005.
- VESTENA, L. R.; KOBAYAMA, M.; SANTOS, L. J. C. **Considerações Sobre Gestão Ambiental em Áreas Cársticas.** RA' EGA (UFPR), v. 4, n. 6, p. 81-94, 2002.
- YANG, X. **Satellite Monitoring of Urban Spacial Growth In the Atlanta Metropolitan Área.** In: PE&RS – Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, v.68, n. 7. p. 725-734, July, 2002.