

## Geoprocessamento aplicado à delimitação de áreas de extração de calcário no município de Acarape-CE

Thereza Cristina de Assis Botelho<sup>1</sup>  
Francisca Jéssica Gama Pinto<sup>1</sup>  
Luana Martins da Silva Alexandre<sup>1</sup>  
Raely Lima Gomes<sup>1</sup>  
Francisco Ivan Carlos de Oliveira<sup>1</sup>  
Rafaella da Silva Nogueira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira- UNILAB  
Avenida da Abolição N°3, Centro, Redenção - CE, Brasil, CEP 62.790-000

therezacrisbotelho@gmail.com  
jessicaghama@gmail.com  
alexandreluana4@gmail.com  
raelylima54@gmail.com  
ivancarlos\_agronomo@hotmail.com  
rafaellanogueira@unilab.edu.br

### Abstract

The mineral exploration is one of the economic activities that cause more environmental order transformations. In this sense the use of geoprocessing techniques to delimit limestone extraction areas is an essential tool for identifying the characteristics of the agents in space, as well as, to map and estimate the extent and intensity of the changes caused by man. This study aimed it is delimit limestone extraction areas in the years 1995, 2001, 2005 and 2015 through geoprocessing techniques in the city Acarape-CE. Were used satellite images Landsat 5 in the composition RGB 543 and images Landsat 8 in the composition RGB 654. The delimitation of limestone extraction areas were carried out manually in ArcGIS 10.4.1. The analysis of satellite images allowed to infer that there was an expansion of the territory in the areas of limestone extraction. Between 1995 and 2001, the area went from 3.16 ha to 5.82 ha, representing an increase of 84% while in the period from 2001 to 2005 the increase was 176%. The satellite images Landsat 5 and 8 were effective in the obtain satisfactory results for delimitation of limestone extraction areas. The use of geotechnologies such as remote sensing and geoprocessing allows a preview of area to be studied, making it possible to perform a spatial and temporal analysis of lime extraction areas over time.

**Palavras- chave:** remote sensing, monitoring, environmental impact, sensoriamento remoto, monitoramento, impacto ambiental.

### 1. Introdução

A exploração mineral é uma das atividades econômicas que mais promovem transformações de ordem ambiental. Os impactos ambientais observados variam de acordo com as características do ambiente, o tipo de minério explorado e a utilização de tecnologias específicas na extração e no beneficiamento (FERREIRA; SÁ, 1999).

Apesar dos usos benéficos do calcário agrícola, sua extração, como toda atividade mineradora, gera impactos negativos ao meio ambiente, independente de qual seja o seu destino, ao acabar com os afloramentos naturais de calcários e sua vegetação característica. A extração de calcário pode ser prejudicial também para o ciclo local das águas, pois, os afloramentos de calcário recolhem a água das chuvas, e a direciona aos corpos d'água subterrâneos, funcionando como uma caixa d'água natural e eficaz. Além disso, a extração de calcário, inevitavelmente, desfaz as paisagens e destrói os sítios de interesse espeleológico, arqueológico e indígena (SANTI; FILHO, 2004).

De acordo com Silva (2006) nas atividades de extração mineral, são comuns os problemas no relacionamento com a comunidade próxima à região de lavra devido aos reflexos do processo de perfuração e desmonte de rochas. Esses reflexos podem ser decorrentes de excessiva vibração, do lançamento de material particulado na atmosfera, de ruído ou do ultralancamento de fragmentos rochosos.

Os principais impactos decorrentes da mineração próxima a centros urbanos são a degradação da paisagem, impactos sobre a fauna e a flora, impactos sobre o solo, ruídos e vibração, tráfego de veículos, poeira e gases, contaminação das águas, rejeito e estéril (SILVA, 2007).

De acordo com Dias (2001) o desconforto ambiental pode ser sentido mesmo quando as emissões estiverem abaixo dos padrões ambientais estabelecidos. Os impactos causados sobre a saúde, por outro lado, dificilmente ocorrem quando estes limites são respeitados.

De forma geral Bittar (1997) ressalta que existem conflitos decorrentes da mineração nas comunidades que residem próximos às minerações através das alterações ambientais. Entendemos que as alterações ambientais podem causar danos ao meio físico, biótico e antrópico. O conflito no uso do solo causa transtornos à população e danos ao ecossistema. A depreciação de imóveis circunvizinhos afeta diretamente a população, que pode ter uma desvalorização dos imóveis, ou pode vir a presenciar o desmoronamento da sua estrutura física.

Nesse sentido o uso de técnicas de geoprocessamento<sup>1</sup> para delimitar áreas de extração de calcário é uma ferramenta imprescindível, pois permite identificar as características dos agentes modificadores do espaço, reconhecer e mapear, além de estimar a extensão e a intensidade das alterações provocadas pelo homem, contribuindo significativamente para o monitoramento presente e futuro dos fenômenos analisados (GOMES, 1995).

Técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicado às análises ambientais têm se mostrado eficientes. Secatto et al. (2015) utilizou técnicas de sensoriamento remoto para detectar o uso e ocupação do solo ao longo de quatro décadas (1984, 1993, 2001 e 2011) por meio de imagens TM/Landsat 5 no município de Coromandel-MG. Neste estudo, foi possível inferir e identificar os possíveis impactos gerados ao ambiente decorrente das atividades de extração de calcário.

Diante do exposto, se faz cada vez mais necessários estudos para identificar áreas de extração de calcário de forma a auxiliar o monitoramento do impacto dessas áreas em diferentes ecossistemas. O presente trabalho objetivou delimitar as áreas de extração de calcário nos anos de 1995, 2001, 2005 e 2015 por meio de técnicas de geoprocessamento no município de Acarape-CE.

## **2. Metodologia de Trabalho**

### **2.1 Área de estudo**

O município de Acarape situa-se no Maciço de Baturité, localizado no norte do estado do Ceará, à aproximadamente 54 km da capital do estado, Fortaleza (Figura 1). O município possui território de aproximadamente 155 km<sup>2</sup> e tem seus limites territoriais compreendidos entre as cidades de Guaiúba - Norte; Barreira e Redenção-Sul; Pacajús - Leste e Redenção -

---

<sup>1</sup>O termo Geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional (CAMARA & DAVIS, 1995).

Oeste. A área de estudo é compreendida pelas coordenadas 04° 13' 15" S de latitude e 038° 42' 17" W de longitude (IPECE, 2011).

Segundo relato de moradores antigos a extração de calcário no município de Acarape teve início há muitos anos. A partir do ano de 2001 a atual empresa exploratória tomou posse da área onde é extraído este tipo de jazida (calcário 'calcita') em diferentes estágios exploratórios. O clima predominante no município é tropical quente sub-úmido, localizado no bioma Caatinga com relevo de maciços residuais (IPECE, 2011).

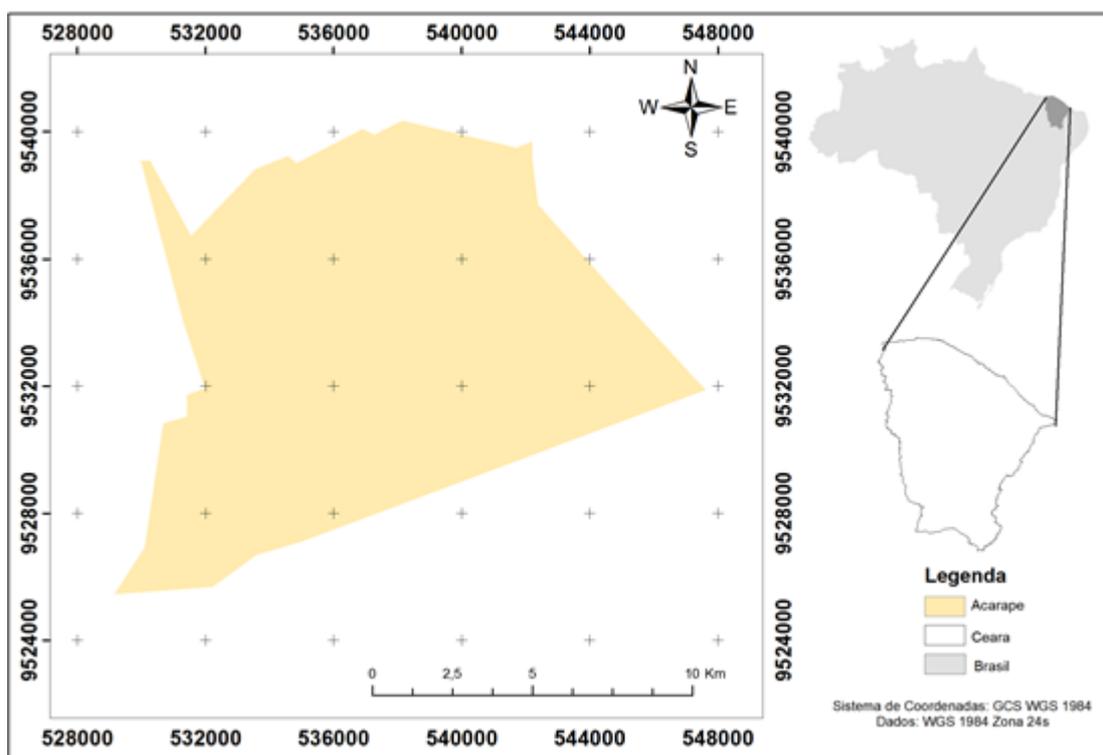


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

## 2.2. Processamento de imagens

Para identificar áreas de extração de calcário, a fim de auxiliar o monitoramento do impacto dessas áreas ao longo de 20 anos, foi utilizado imagens TM/ *Landsat 5* nos anos 1995, 2001 e 2005, e imagens OLI/*Landsat 8* no ano de 2015 (USGS, 2016). As imagens passaram por um processo de reprojeção para o hemisfério sul. Foram utilizadas as bandas 3,4 e 5 do *Landsat 5* numa composição RGB 543 e no *Landsat 8* as bandas usadas foram 4,5 e 6 numa composição RGB 654.

A delimitação das áreas de extração de calcário, foram realizadas manualmente no *ArcGIS 10.4.1*, por meio de polígonos. Após a delimitação das áreas de extração foi realizado o cálculo de área e recorte da imagem por meio da ferramenta *Spatial Analyst* do *ArcGIS 10.4.1*

## 3. Resultados e Discussão

A delimitação das áreas de extração de calcário no município de Acarape-CE indicou de modo geral que nos últimos 20 anos ocorreu um aumento das áreas de extração de calcário. No ano de 1995, existiam 14 subáreas de extração correspondendo a um total de 3,16 ha, o que denota que já havia uma intensa atividade de extração nesta época (Figura 2).

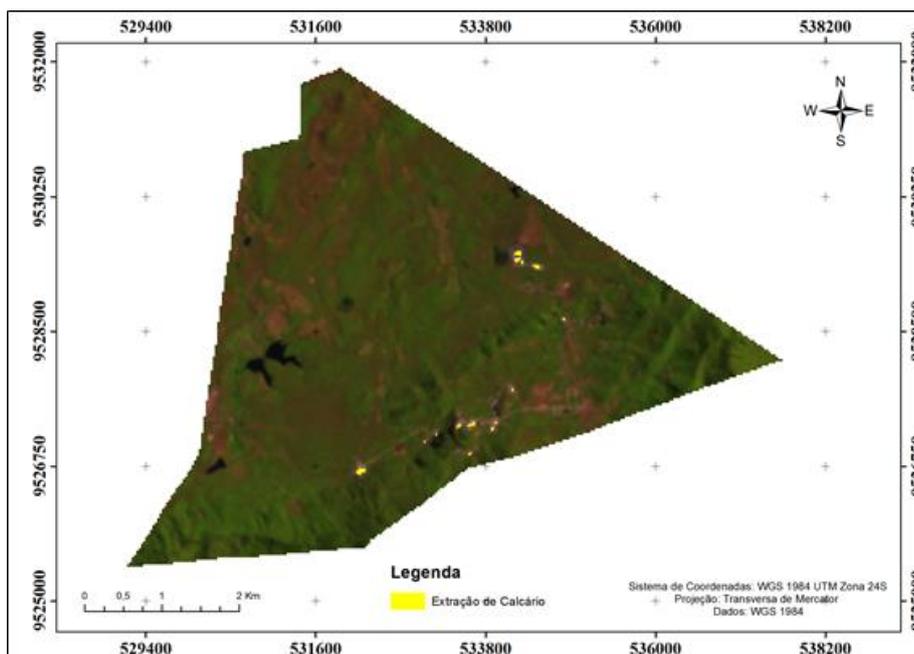


Figura 2. Áreas de extração de calcário do ano 1995.

Analisando a imagem referente a 2001, observa-se um aumento de área explorada para 5,82 ha. Contudo, sua distribuição foi reduzida, em relação a 1995, em 13 subáreas em virtude provavelmente da expansão de duas subáreas vizinhas que ao expandir-se em 2001 passou a ser contabilizada como apenas uma subárea (Figura 3).

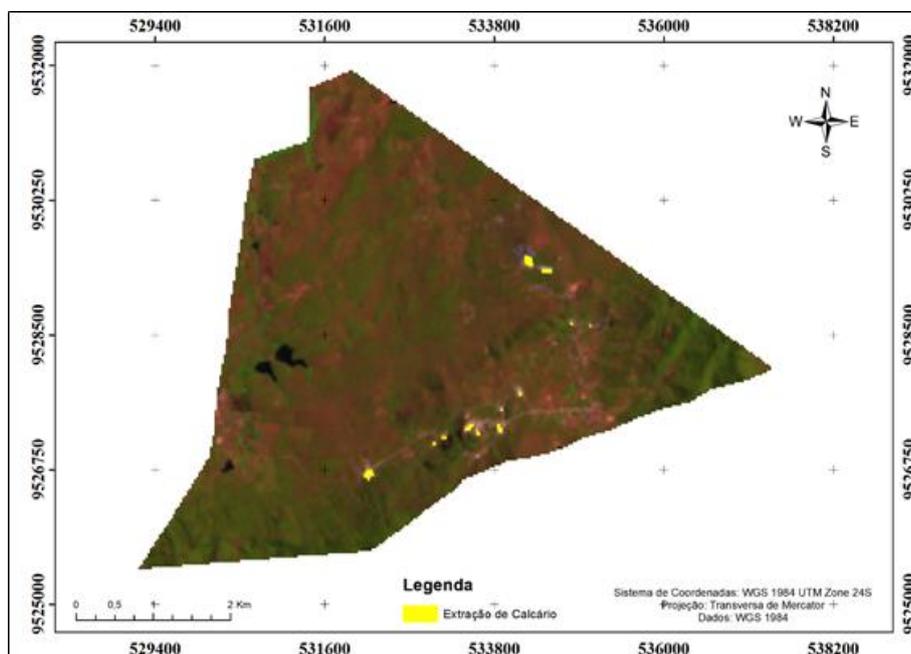


Figura 3. Área de extração de calcário do ano 2001.

Em 2005 a área de extração analisada foi de 16,08 ha, indicando assim um acréscimo de 6 subáreas (Figura 4). No intervalo 2005 a 2015, a ampliação da área foi de 173,6%. Apesar do aumento ser menor em relação ao período anterior (1995 a 2001), e em um intervalo maior de tempo (10 anos), a intensa exploração da área é evidente o que é uma informação bastante preocupante que pode gerar impactos negativos na região de forma a comprometer a sustentabilidade da região (Figura 5).

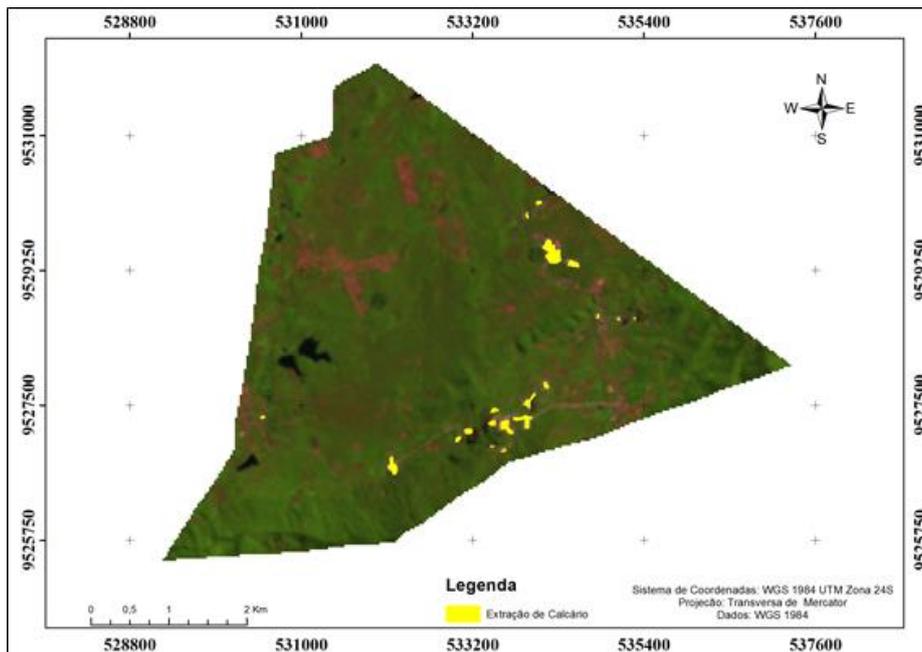


Figura 4. Área de extração de calcário do ano 2005.

No último ano analisado (2015), é notório o crescimento de áreas de extração de calcário (44 ha) e em número de subáreas (31), indicando uma forte tendência do avanço no crescimento das áreas de extração nos próximos anos (Figura 5).

A análise das imagens de satélite permitiu inferir que houve expansão do território nas áreas de cava. Entre os anos 1995 e 2001, a área passou de 3,16 ha para 5,82 ha, correspondendo um aumento de 84% (Tabela 1). No período de 2001 a 2005, esse aumento corresponde a 176%, ou seja, a extensão da área triplicou o que pode ser resultado da intensa extração ocasionada pela nova fábrica, que se instalou no município no ano de 2001.

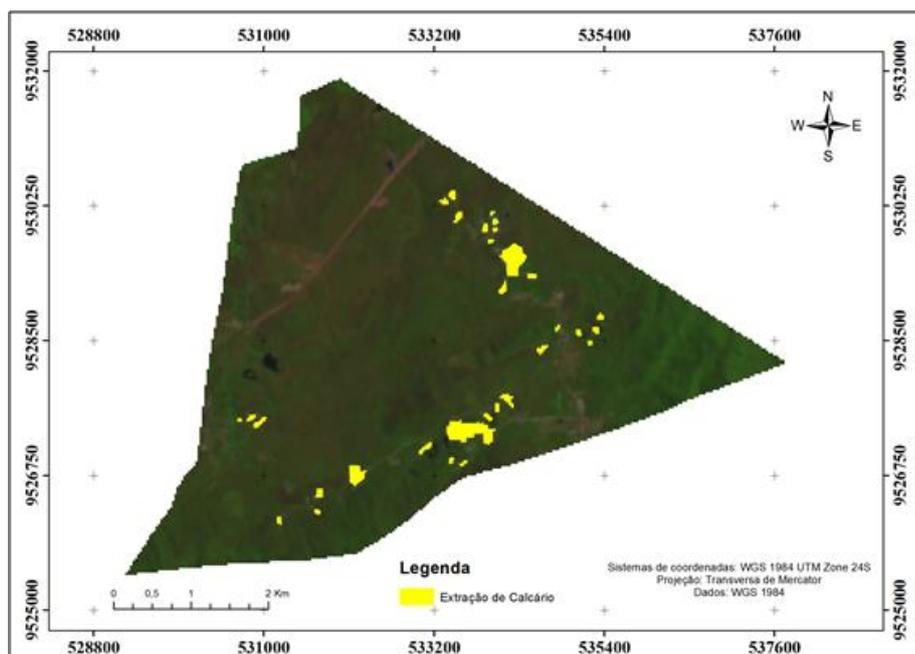


Figura 5. Área de extração de calcário do ano 2015.

A quantidade de subáreas de exploração foi aumentando gradativamente ao longo do período analisado. Pode-se observar que algumas dessas subáreas uniram-se ao longo dos anos formando uma área relativamente maior. Além disso, novas subáreas de extração foram sendo exploradas (Tabela 1).

Tabela1. Anos das imagens, número de subáreas e áreas de extração de calcário no município de Acarape-CE.

Ano da Imagem	Nº de Subáreas	Área de Extração de Calcário (ha)
1995	14	3,16
2001	13	5,82
2005	19	16,08
2015	31	44,00

No decorrer dos 20 anos analisados (1995 a 2015), a ampliação de áreas de extração de calcário foi significativa, tendo em vista que a quantidade de hectares iniciais correspondia a 3,16 ha em 1995 e foi elevada consideravelmente para 44,00 ha no ano de 2015. Esse aumento pode ser associado ao incremento da demanda da construção civil, pois segundo Chaves (2013), o incremento da atividade agrícola e da construção civil no Brasil atrai um equivalente aumento da indústria cimenteira e de corretivos agrícolas o que, subsequentemente, expõe as áreas de ocorrência de rochas carbonáticas de onde é extraída a matéria-prima para esses insumos: o calcário. A extração do calcário vem tendo um aumento significativo no Brasil nos últimos tempos, causando sérios problemas ambientais. De acordo com Carpio et al. (2013), o impacto ambiental da produção de cal pode ser de escala local, regional ou global. Dentre os efeitos locais podem ser citadas as emissões de material particulado e as mudanças na paisagem por causa da mineração de calcário.

Secatto et al. (2015) em seu trabalho desenvolvido no município de Coromandel-MG obteve resultados semelhantes, ao usar as mesmas ferramentas de análise e monitoramento do presente artigo, evidenciando o crescimento da expansão de áreas exploradas. Secatto et al. constatou, que ao longo de 27 anos (1984 a 2011), a área de extração teve um aumento de 51,3 ha em relação ao primeiro ano analisado pelo autor. O mesmo relata em seu trabalho que a partir dos resultados gerados foi possível observar que o município teve alterações consideráveis no fator de uso e ocupação do solo.

Do mesmo modo Muniz; Fernandes (2013), ao analisar as imagens de Arcos e Pains ambos em Minas Gerais, concluiu que entre o período de 1984 e 1997 houve um aumento de 151,2% na área minerada e entre os anos de 1997 e 2011, o aumento foi de 54%, afirmando que apesar do ritmo de expansão ter diminuído nos anos finais do período estudado, o avanço ao longo das décadas foi evidente.

#### 4. Conclusões

A extração de calcário é uma atividade que vem crescendo expressivamente ao longo dos anos no município de Acarape, fazendo-se necessários estudos relacionados ao monitoramento do impacto ambiental destas áreas a fim de assegurar a sustentabilidade da região.

As imagens de satélite *Landsat 5* e *8* foram eficazes no que se refere a obtenção de resultados satisfatórios para delimitação das áreas de extração de calcário. Contudo, a discriminação de áreas pouco expressivas foi dificultada principalmente pela baixa resolução

espacial das imagens *Landsat*. É importante ressaltar, que apesar da baixa resolução espacial do satélite Landsat, o uso de geotecnologias como sensoriamento remoto e geoprocessamento permitem uma pré-visualização da área a ser estudada, tornando possível a realização de uma análise espacial e temporal da exploração de calcário ao longo do tempo. Desta forma, auxilia na criação de um banco de dados espaciais gerando subsídios para a realização de novas pesquisas e para a tomada de decisão por parte dos órgãos governamentais quanto ao monitoramento do impacto das áreas de extração de calcário para a região.

### Agradecimentos

A Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira e a todos que colaboraram para que esse artigo se fizesse presente.

### Referências Bibliográficas

Bitar, O.Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas para mineração Região Metropolitana de São Paulo**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo. 1997.

Camara, Gilberto; Davis, Clodoveu. **Fundamentos de Geoprocessamento**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap1-introducao.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2016.

Carpio, Ricardo Carrasco et al. Estado da arte do processo produtivo da cal na região centro oeste de Minas Gerais. **Forsci.: R. Cient. Ifmg**, Minas Gerais, v. 1, n. 1, p.49-60, jul. 2013.

Chaves, Laura Shirley Santana. **Impactos ambientais gerados por mineração no município de Capanema-pa**. in: IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental (ConGeA), 4.,2013, Salvador: **Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**: IBEAS, 2013. Artigos, p. 1 - 3. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2013/XI-059.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2016.

Silva-Dias, E.G.C. **Avaliação de impacto ambiental de projetos de mineração no Estado de São Paulo: a etapa de acompanhamento**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral), Universidade de São Paulo, USP, São Paulo.2001.

**Cartografia Aplicada á Extração Mineral**. DNPM - PE Disponível em: <<http://dnpm-pe.gov.br/Trabalhos/Cartografia.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

Gomes, A.R. **Projeção de crescimento urbano utilizando imagens de satélite**. 1995. 89 p. Monografia (Trabalho de Formatura em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista,UNESP, São Paulo. 1995.

Instituto De Pesquisa E Estratégia Economica Do Ceará – (IPECE). Governo do Estado do Ceara (Org.). **Perfil Básico Municipal**. 2011. Disponível em: <[http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil\\_basico/pbm-2013/Acarape.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm-2013/Acarape.pdf)>. Acesso em: 13 jul. 2016.

Muniz, Fabricio.; Fernandes, Edinilson.. **Análise da expansão das áreas de cavas de mineração nos municípios de Arcos e Pains (MG) utilizando imagens Landsat**. In: Congresso Brasileiro De Espeleologia (GBE), 32, 2013. Barreiras. **Anais do 32º Congresso Brasileiro de Espeleologia**: Campinas: SBE, 2013. Artigos, p.239-244. ISSN 2178-2113. Disponível em: <[http://www.cavernas.org.br/anais32cbe/32cbe\\_239-244.pdf](http://www.cavernas.org.br/anais32cbe/32cbe_239-244.pdf)> Acesso em: 15 Jun. 2016.

Santi, A. M. M; Filho, A. O. S. **Combustíveis e riscos ambientais na fabricação de cimento; casos na região do calcário ao norte de Belo Horizonte e possíveis generalizações**. In: II Encontro Nacional De Pós-Graduação E Pesquisa Em Ambiente E Sociedade (Anppas), 2, 2004. Piracicaba. **Anais Repositorio Institucional Universidade Federal de Ouro Preto**: RIUFOP p. 1-18. 2004. DECIV. Disponível em: [http://www.fem.unicamp.br/~seva/anppas04\\_SantiSeva\\_cimento\\_RMBH.pdf](http://www.fem.unicamp.br/~seva/anppas04_SantiSeva_cimento_RMBH.pdf).

Secatto, Guilherme Zavatti et al. **Análise da expansão mineradora em Coromandel/ MG através de técnicas de sensoriamento remoto.** Disponível em: <[http://www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/4/489/CT04-73\\_1404415466.pdf](http://www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/4/489/CT04-73_1404415466.pdf)>. Acesso em: 19 jun. 2016.

Silva, João Paulo Souza. **Impactos ambientais causados por mineração.** Rev. Espaço da Sophia - nº 08 – nov. 2007 – Mensal – Ano I. Disponível em: <http://www.registro.unesp.br/museu/basededados/arquivos/00000429.pdf>.

Vasconcelos, S.C.S; Vasconcelos, C.I.S. Neto, J.M.M. Impactos ambientais decorrentes de mineração no entorno de zonas urbanas. Rev. Ambito Juridico- Ambiental. - Vol 17- nº121, Fev 2014. Disponível em: [http://ambito-juridico.com.br/site/?n\\_link=revista\\_artigos\\_leitura&artigo\\_id=14271&revista\\_caderno5](http://ambito-juridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=14271&revista_caderno5)> Acesso em: 29 de Junho de 2016.

United States Geological Survey (USGS). **Landsat Project Description.** Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 23. jun. 2016.