

## AVALIAÇÃO DO USO DE IMAGENS DO SATÉLITE CBERS – 2 SENSOR CCD, NO MONITORAMENTO DE ATIVIDADES DE LAVRA A CÉU ABERTO

Vinicius Oliveira Ribeiro<sup>1</sup>, Antonio Conceição Paranhos Filho<sup>2</sup> e Pedro Celso de Oliveira Fernandes<sup>3</sup>

**Resumo:** *O modus operandi dos mineradores é extremamente rápido, com mudanças dos locais de lavra em poucos meses de atividades. Tem-se então no sensoriamento remoto uma ferramenta auxiliar ágil, que pode atuar no apoio à gestão ambiental das atividades minerárias. Neste trabalho foi avaliado o potencial do uso das imagens captadas pelo sensor CCD - Charge-Coupled Device, resolução espacial de 20 metros, para análise da evolução de atividades de extração mineral em três áreas piloto, efetuando-se uma observação multitemporal, com o auxílio do software ERDAS (ERDAS, 1997). Dessa forma, obteve-se como resultado imagens que possibilitaram a estimativa da área lavrada e do volume de material extraído, bem como o monitoramento do grau de recuperação vegetal das mesmas. As imagens utilizadas são referentes a áreas de jazidas de cascalho locadas na zona rural, do Município de Aquidauana em Mato Grosso do Sul.*

**Palavras-chaves:** Gestão ambiental. Sensoriamento remoto. Extração mineral.

### 1 Introdução

O perfil do setor mineral brasileiro é composto por 95% de pequenas e médias minerações (FARIAS, 2002). As informações contidas nos Relatórios Anuais de Lavra, apresentados ao DNPM pelas empresas mineradoras, no exercício de 2001, ano-base 2000 (DNPM, 2000), demonstram que as minas no Brasil estão distribuídas regionalmente com 3,4% no Norte, 7,7% no Centro-Oeste, 11,1% no Nordeste, 22,7% no Sul e 55,2% no Sudeste. É inegável que no mundo moderno, a mineração assume importância decisiva para o desenvolvimento, pois se observa que o minério extraído da natureza está em quase todos os produtos utilizados (KOPEZINSKI, 2000).

Segundo Bruschi e Peixoto (1997, p. 07) “[...] a extração de minerais, como qualquer outra atividade humana, interfere no meio ambiente, inclusive impactando e modificando os recursos naturais, o que justifica uma avaliação prévia da compatibilidade do seu desenvolvimento com a preservação ambiental”. A mineração a céu aberto causa uma destruição completa da área da jazida e das áreas vizinhas (FONSECA, 1995).

Neste sentido, Sikorski (1996, p. 40) elucida que “[...] os governos necessitam dispor de ferramentas adequadas que permitam ao planejador e ao administrador urbano elaborarem propostas de desenvolvimento territorial e econômico das cidades e auxiliá-los no processo de tomada de decisões”. Sikorski (1996) ainda revela que os SIG’s constituem-se em uma das ferramentas mais adequadas para o tratamento de grande volume de dados relacionados espacialmente, objetivando resolver problemas complexos de planejamento, sendo que os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são tecnologias de Geoprocessamento que lidam com informação geográfica na forma de dados geográficos. O SIG incorpora a componente espacial, ou seja, admite-se que as informações de interesse estão em algum lugar no espaço e que, eventualmente, estão correlacionadas (RAFAELLI NETO, 2003). O geoprocessamento é o processamento informatizado de dados georreferenciados e utiliza programas de computador que permitem o uso de dados cartográficos (mapas e plantas) aos quais se possam associar coordenadas desses mapas ou plantas (VAZ, 2007).

<sup>1</sup> E-mail: [viniciusoribeiro@yahoo.com.br](mailto:viniciusoribeiro@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> E-mail: [toniparanhos@gmail.com](mailto:toniparanhos@gmail.com)

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia – CCET/DHT. Campus Universitário, s/n, Caixa postal nº 549, CEP 79070-902 – Campo Grande – MS – Brasil.

<sup>3</sup> E-mail: [meioambienteagesul@yahoo.com.br](mailto:meioambienteagesul@yahoo.com.br)

De acordo com as conclusões de Ramos et al (2004, p. 12) “O sensoriamento remoto constitui-se em uma ferramenta precisa, gerando informações para inventariar permanentemente qualquer região de interesse técnico ou científico, sendo este, o instrumento básico para que os órgãos públicos possam nortear suas ações de planejamento”. O Sensoriamento remoto é uma técnica de obtenção de informações sobre um objeto, uma área ou fenômeno na Terra, sem que haja contato físico. Atualmente essas informações são obtidas por sensores em satélites que geram imagens (AVERY; BERLIN, 1992, MENESES, 2001).

A gradativa evolução da legislação ambiental ocorrida nas últimas décadas, especialmente a que trata da obrigatoriedade da recuperação de áreas degradadas, a começar pela lei 6.938 de 31 de agosto de 1981 (BRASIL, 1981), que institui a Política Nacional de Meio Ambiente, a qual em seus objetivos aponta como princípio no artigo 2º, item VIII “recuperação de áreas degradadas”, tem contribuído para o aperfeiçoamento da tecnologia pertinente.

O sensoriamento remoto, como uma das tecnologias utilizadas em um projeto de gestão ambiental, tem a capacidade fornecer informações que dependendo do cruzamento com dados fornecidos por outras tecnologias pode possibilitar a confecção de mapas e o monitoramento de alterações de recursos naturais, bem como a modelagem de impactos provenientes de decisões de gestão ambiental. Essas informações podem ser utilizadas por diferentes instituições, de acordo com a sua finalidade e seu modo de trabalho. Essas informações devem ser planejadas para atender a diferentes finalidades ainda durante o seu processo de geração (RAMOS et al., 2004).

É importante mencionar, que dentro da atividade de extração mineral, há um alto índice de clandestinidade e que o *modus operandi* dos mineradores é extremamente ágil, com mudanças de áreas de lavra em poucos meses. Tais alterações locais, dificultam as já precárias condições de atuação dos órgãos de fiscalização tanto em nível minerário como ambiental.

Por tais características, verifica-se na incorporação destas tecnologias a possibilidade de integrá-las como uma ferramenta eficaz no monitoramento das atividades minerárias, no intuito de intensificar a fiscalização e controle das

áreas de exploração mineral, sem aumentar consideravelmente os custos da atividade.

O presente estudo procurou realizar, a partir de áreas - piloto, uma avaliação do potencial do uso de imagens de satélite CBERS – 2, sensor CCD, como instrumento de subsídio à estimativa da área lavrada e do volume de material extraído, bem como a viabilidade do monitoramento do grau de recuperação vegetal das jazidas de cascalho localizadas na zona rural, do Município de Aquidauana em Mato Grosso do Sul.

## 2 Área de estudo

A região de estudo do empreendimento está inserida na bacia hidrográfica do Rio Paraguai, sub-bacia do rio Miranda, dreno principal da microrregião do rio Aquidauana. A rede de drenagem flui para o rio Paraguai, no direcionamento geral noroeste (NNW), cujos rios principais apresentam padrão hidrográfico subparalelo e os efluentes, um padrão dendrítico. O clima, segundo a classificação de Köppen, trata-se do tipo tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno – Tropical Brando de Transição. As temperaturas médias do mês mais frio são menores que 20°C e maiores que 18°C (MS,1990).

A geomorfologia na região é caracterizada como Região da Depressão do Alto Paraguai e da unidade Geomorfológica da Depressão de Aquidauana Bela- Vista, apresentando continuidade altimétrica com relação às unidades vizinhas e semelhanças de formas que se configuram como modelados planos ou de dissecação do tipo tabular com drenagem incipiente. A vegetação pertence ao grupo da savana e subgrupo da savana arbórea densa. Hoje somente as áreas destinadas à conservação ou preservação, ou seja, reservas legais ou de preservação permanente, mantêm as características originais. O solo predominante refere-se ao argissolo vermelho amarelo (EMBRAPA, 2010). Solos minerais, não hidromórficos, pouco desenvolvidos, profundos e bem drenados, com presença de material não intemperizados nos horizontes A e B também ocorrem na região. A geologia encontrada na região compreende as formações Pantanal e Aquidauana, esta última pertencente ao Super Grupo Tubarão, Grupo Itararé (MS,1990).

A primeira área objeto deste estudo está localizada na Fazenda Nossa Senhora do Monte Serrat, Município de Aquidauana, Estado de Mato Grosso do Sul, a qual é acessada através da rodovia Estadual MS/170, trecho Aquidauana- Barra Mansa. Percorrendo 18 km por esta estrada chega-se à entrada da citada fazenda que se localiza do lado direito; a partir deste ponto percorre-se 7,2 km em estrada de leito natural até a área de estudo (Figura 1). O ponto de amarração, dado em coordenadas UTM é Zona 21, N 7.751.700 m, E 625.900 m.

O material extraído desta jazida foi utilizado nos serviços de melhoria das condições de tráfego da rodovia estadual implantada MS/170, trecho Aquidauana-Barra Mansa (Retirinho) (FERNANDES, 2004). Segundo o próprio Plano de Controle Ambiental constante dos autos do processo de licenciamento, a área já havia sido alvo

de exploração antes da concessão da licença, em uma área de cerca de 1.600 m<sup>2</sup> (FERNANDES, 2004).

As outras duas áreas pilotos (Ap 1 e Ap 2) de exploração mineral, estão locadas às margens da Rodovia Estadual MS/345. A Ap 1 se encontra na zona de influência direta da rodovia estadual MS/345, sentido Aquidauana – Cipolândia, na margem esquerda da rodovia, nas coordenadas UTM, Zona 21, N 7.753.000 m, E 636.500 m. A Ap 2 está à margem direita da rodovia, tomando-se como base o mesmo sentido, distando da mesma cerca de 200 m, com coordenadas UTM, Zona 21, N 7.753.200 m, E 637.000 m (Figura 1).

O material extraído desta jazida foi utilizado nos serviços de melhoria das condições de tráfego da rodovia estadual implantada MS/345, trecho Aquidauana – Cipolândia.



Figura 1- Localização das áreas de estudo (MS, 2009).

### 3 Materiais e métodos

A escolha e a solicitação gratuita das imagens do satélite CBERS-2 sensor CCD,

órbita: 164 - ponto :123, de diferentes datas foram feitas junto ao programa CBERS do INPE. Os pedidos foram recebidos via e-mail em formato GEO TIFF. A câmara CCD opera

em 5 bandas espectrais, incluindo uma banda pancromática. Cada imagem solicitada é encaminhada com todas as bandas. A imagem Landsat 7 (LANDSAT, 2000), já ortocorrigida, utilizada para o georreferenciamento das Imagens do CBERS, foi obtida no acervo do Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul,

Após o recebimento das imagens, com o auxílio do software ERDAS (ERDAS, 1997), foi feita a composição (*layer stack*) das bandas, do sensor CCD do CBERS-2, para cada imagem, inserindo as bandas na ordem em que aparecem no texto e salvando o arquivo em formato *.img*.

Posteriormente, com a ferramenta *Reproject* do software GEOMÁTICA (PCI Geomatics, 2.003), realizou-se a reprojeção da imagem LANDSAT 7 do datum UTM/WGS 84 para o datum UTM/ Córrego Alegre, o mesmo das cartas topográficas elaboradas pelo IBGE/DSG.

Paralelamente, efetuaram-se cortes nas imagens compostas, próximas às áreas de estudo, utilizando as ferramentas *DataPrep*, *Subset Image* do ERDAS (ERDAS, 1997).

Então foram corrigidos os deslocamentos existentes entre as imagens compostas do sensor CCD, escolhendo-se como referência 16 pontos de controle distintos, por um algoritmo polinomial de segundo grau, tomando por base a imagem LANDSAT 7.

Escolheu-se, aleatoriamente, um corte para elaboração de um mapa, através do qual se pode constatar o grau de acurácia do georreferenciamento realizado no laboratório.

A próxima etapa do processo foi realizada com o auxílio do software *GeoTiffExamine* (MENTOR, 1999) com o qual foi feita a conversão dos cortes do formato *.img* para o formato *GEO TIFF (.tif)*, mantendo atrelado ao arquivo os dados de suas coordenadas e com os softwares *datuns (.tfw)*, do Free Hand 9.0 (MACROMEDIA, 2000) e *AVENZA MAPUBLISHER* (AVENZA, 2001), através dos quais se adicionaram as grades de coordenadas e escala à imagem, preparando-a para impressão.

O próximo passo foi realizar uma visita a campo, que possibilitou o confronto das coordenadas do mapa elaborado a partir do corte CBERS georreferenciado com os pontos tomados no campo com o GPS de navegação. De tal maneira constatou-se a precisão e a acurácia do trabalho de correção do deslocamento das imagens do sensor CCD.

A visita a campo, realizada no dia 15 de setembro de 2006, também serviu para efetuar a verificação *in loco* das áreas, realizar a tomada de coordenadas das jazidas com GPS (receptor GPS Megallan Meridian® Color, acurácia de até 10 m) e tirar fotos, o que enriqueceu a interpretação dos dados do satélite, além de possibilitar maior clareza na análise dos resultados obtidos.

Depois de realizada a visita a campo, fez-se uma análise dos dados referentes ao processo de licenciamento da jazida locada na fazenda Nossa Srª do Monte Serrat, como data da expedição da licença de operação, sua validade e também a espessura média útil, que se refere à faixa de subsolo que apresenta material em volume e especificações adequadas para exploração.

Por fim, foram feitas análises com base nos dados levantados nas imagens obtidas do sensor CCD do satélite CBERS 2, nas informações obtidas em campo e naquelas obtidas junto à Agência Estadual de Gestão de Empreendimentos de Mato Grosso do Sul - AGESUL.

Com o auxílio do software Microsoft Excel® (MICROSOFT, 2007) foram elaboradas planilhas eletrônicas e gráficos, como forma de melhor ilustrar os resultados obtidos.

O sistema de coordenadas utilizadas neste estudo apresenta-se sob a projeção UTM, Zona 21 - Sul, Esferóide e datum Córrego Alegre. Tal opção vem de encontro à utilização em paralelo das cartas elaboradas pelo Ministério do Exército, através de sua Divisão de Serviços Geográficos, com aplicação e confiabilidade largamente difundida em diversos meios de estudo.

Para facilitar o entendimento acerca do processo de estudo realizado neste trabalho, foi elaborado o fluxograma mostrado na Figura 2.

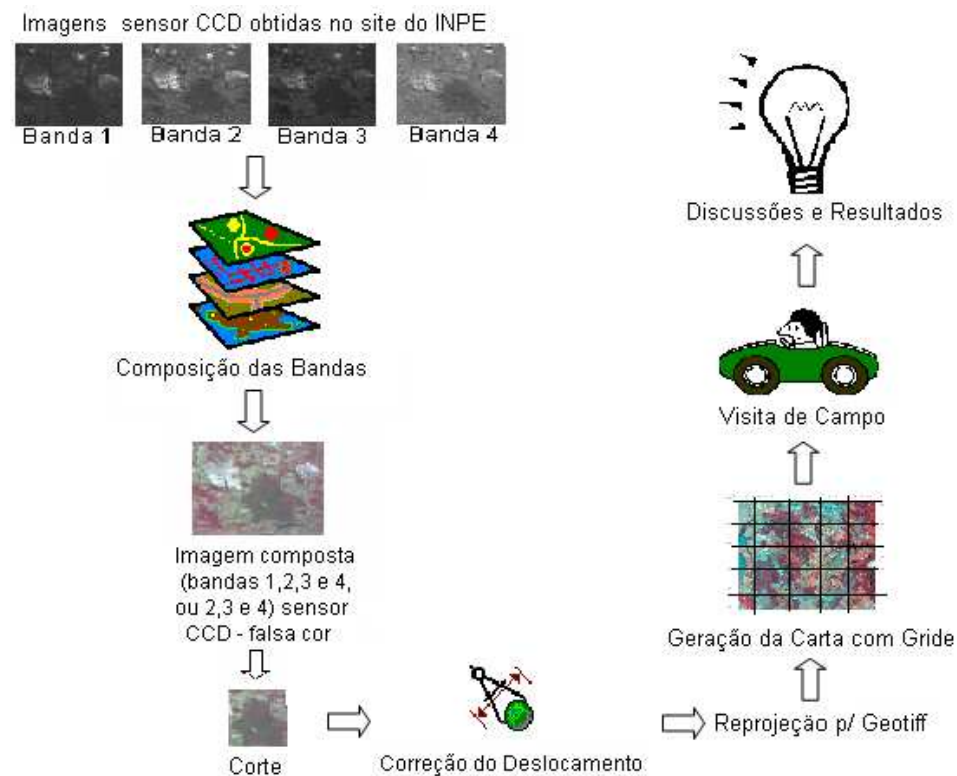


Figura 2 - Fluxograma do processo de estudo realizado com as imagens do sensor CCD do CBERS-2.

## 4 Resultados e discussões

### 4.1 Jazida da Fazenda Nossa Senhora do Monte Serrat

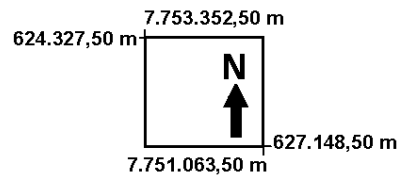
Da jazida locada na Fazenda. N. Sr<sup>a</sup> do Monte Serrat, foi obtido um total de trinta e cinco imagens do sensor CCD, de novembro/2003 a setembro/2006. Contudo, interferências nas mesmas, tal como a presença de nuvens sobre a área de estudo, impediram a captura da imagem, impossibilitando assim a utilização do produto. Desta maneira, obteve-se um total de quinze imagens úteis e de boa qualidade.

Nestas imagens observa-se a possibilidade de acompanhar com nitidez o processo de remoção da vegetação decorrente do processo de extração de cascalho da jazida. Obteve-se uma estimativa da área de solo exposto na região da jazida (centro da circunferência nos cortes) (Figura 3), a qual corresponde a uma coloração verde-azulada, contrastando com a resposta espectral da vegetação nativa, em verde-escuro na época de seca (agosto-novembro), e vermelha nas demais épocas do ano, na composição da imagem utilizada no trabalho, que podem ser observadas nos cortes da Figura 3.

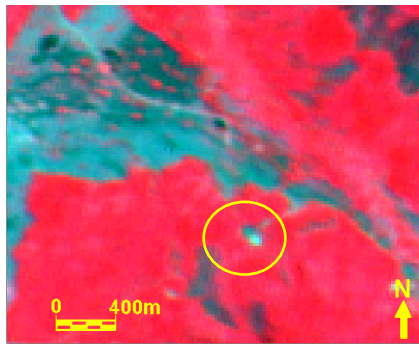
A análise das imagens de novembro de 2003 a março de 2004 revela que mesmo antes da expedição da licença ambiental que permite a exploração da jazida, ela já era alvo de extração. Nos cortes de data posterior a agosto de 2004 a extração tornou-se mais intensa. A Licença de Operação fora expedida pela SEMA/IMAP-MS em 10 de agosto de 2004, com validade de quatro anos, justificando o fato.

Com o conhecimento da espessura útil da camada de material na jazida, cerca de 0,5 m (Figura 4), foi possível, em função da área exposta observada na imagem, estimar o volume de cascalho extraído mês a mês e obter o total acumulado (Tabela 1). Comparando-se os dados da Tabela 1 com as cenas, pode-se afirmar ainda que o processo extrativo de forma extensiva cessou em meados de junho de 2005, não havendo mais aumento considerável de solo exposto nas imagens desde então.

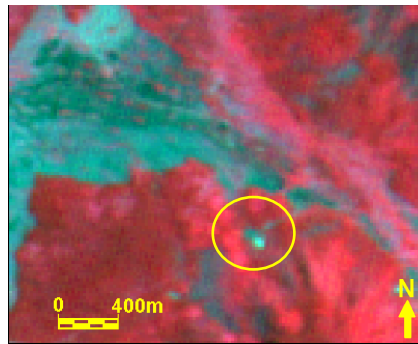
A visita a campo, em 15 de setembro de 2006, confirmou o que fora obtido com a interpretação dos cortes, que o processo de lavra na jazida em questão estava paralisado, mantida sua área constante, em torno de 5,00 ha.



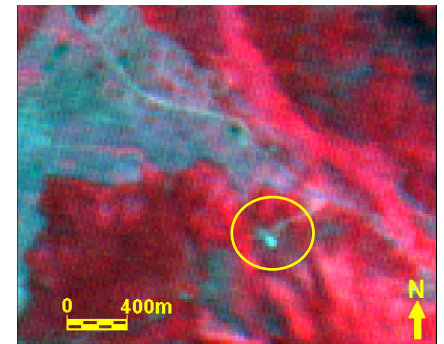
Gríde dos Cortes em datum: UTM/ Córrego Alegre  
Data de Passagem do Satélite CBERS – Abreviatura: DP  
Órbita: 164 – Ponto: 123, Composição dos cortes 4,3,2



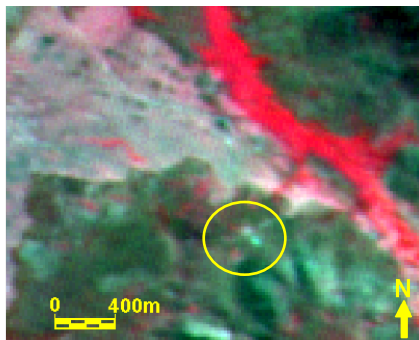
DP: 6/11/03  
Composição: 4, 3, 2  
Área Estimada: 0,60 ha



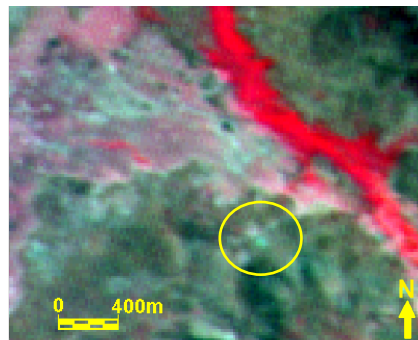
DP: 23/01/04  
Composição: 4, 3, 2  
Área Estimada: 0,51 ha



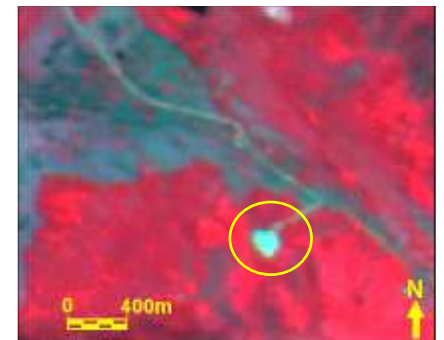
DP: 10/04/04  
Composição: 4, 3, 2  
Área Estimada: 0,57 ha



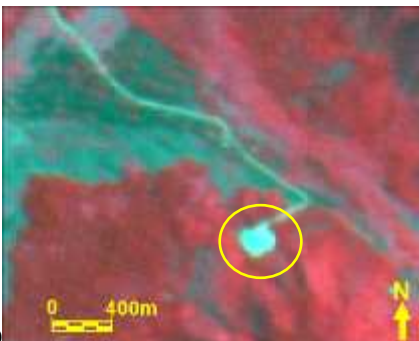
DP: 18/08/04  
Composição: 4, 3, 2  
Área Estimada: 0,54 ha



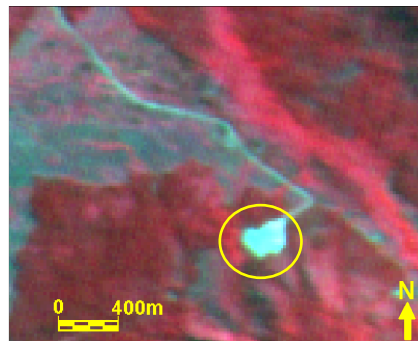
DP: 19/09/04  
Composição: 4, 3, 2  
Área Estimada: 0,61 ha



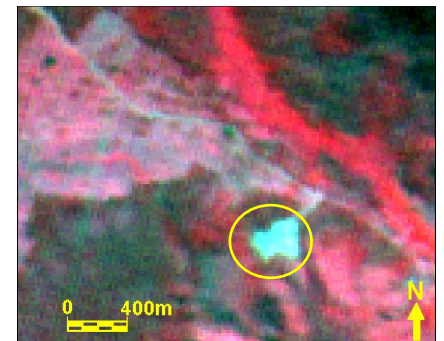
DP: 30/11/04  
Composição: 4, 3, 2  
Área Estimada: 2,20 ha



DP: 16/02/05  
Composição: 4, 3, 2  
Área Estimada: 3,60 ha

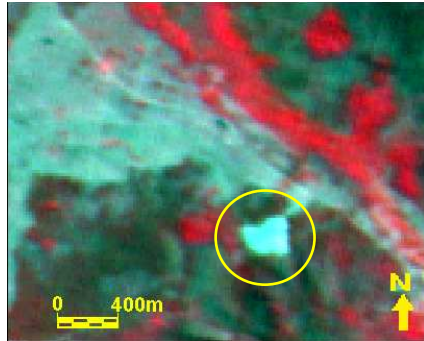


DP: 09/04/05  
Composição: 4, 3, 2  
Área Estimada: 4,10 ha

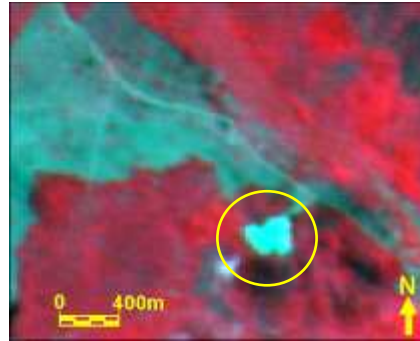


DP: 26/06/05  
Composição: 4, 3, 2  
Área Estimada: 4,90 ha

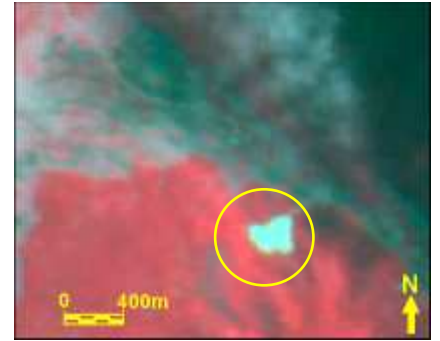
Figura 3 - Comparação das imagens CBERS de diferentes datas de passagem. A área de lavra está no círculo amarelo. (Continua)



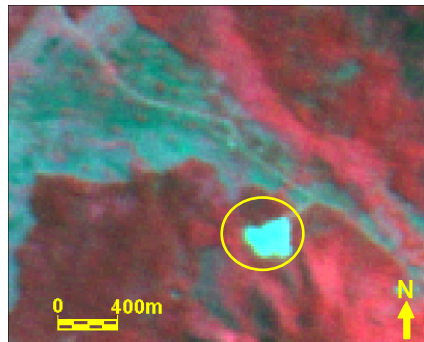
DP: 08/10/05  
Composição: 4, 3, 2  
Área Estimada: 4,60 ha



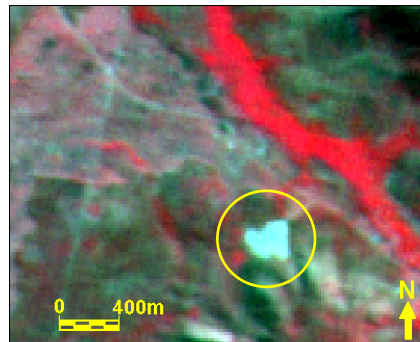
DP: 03/11/05  
Composição: 4, 3, 2  
Área Estimada: 5,00 ha



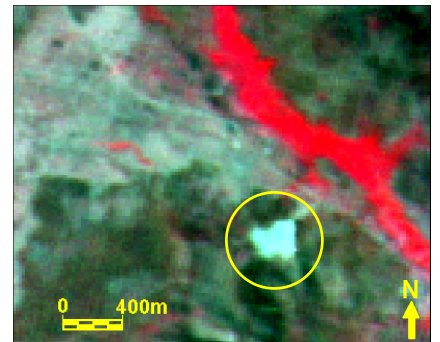
DP: 20/01/06  
Composição: 4, 3, 2  
Área Estimada: 4,95 ha



DP: 13/03/06  
Composição: 4, 3, 2  
Área Estimada: 5,20 ha



DP: 21/07/06  
Composição: 4, 3, 2  
Área Estimada: 5,10 ha



DP: 11/09/06  
Composição: 4, 3, 2  
Área Estimada: 5,00 ha

**Figura 3 - Comparação das imagens CBERS de diferentes datas de passagem. A área de lavra está no círculo amarelo. (Conclusão)**



**Figura 4 - Vista da Camada útil da jazida em 15/09/06.**

**REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)**  
**v.12, n. 1, p. 15-28, jan./jun. 2010**

**Tabela 1 - Estimativa das áreas e de volumes de material extraído durante todo o processo extrativo, obtidas com base nas imagens CBERS-2.**

<b>Data de passagem do satélite CBERS</b>	<b>Área Explorada (ha)</b>	<b>Volume Extraído (m³)</b>	<b>Volume Acumulado (m³)</b>
06/nov./03	0,6	3000	3000
23/jan./04	0,51	-**	3000
10/abr./04	0,57	300	3300
*18/ago./04	0,54	-	3300
19/set/04	0,61	350	3650
30/nov./04	2,2	7950	11600
16/fev./05	3,6	7000	18600
09/abr./05	4,1	2500	21100
26/jun./05	4,9	4000	25100
08/out./05	4,6	-	25100
03/nov./05	5	2000	27100
20/jan./06	4,95	-	27100
13/mar/06	5,2	1250	28350
21/jul./06	5,1	-	28350
11/set/06	5	-	28350

\*Data posterior à emissão da LO

\*\*Considerou-se para termos práticos que sem aumento da área de lavra não houve retirada de material da jazida.

A seguir elaborou-se a Tabela 2 seguindo-se o mesmo raciocínio da Tabela 1, considerando-se a possibilidade de o contratante acompanhar o processo

extrativo, tomando como base a imagem com data imediatamente posterior à expedição da Licença de Operação a fim de quantificar o material que virá a ser extraído.

**Tabela 2 - Estimativa das áreas e de volumes de material extraído após a expedição da Licença de Operação - LO SEMA/IMAP-MS nº 164 de 10/09/04, obtidas com base nas imagens CBERS-2 compostas.**

<b>Data de passagem do satélite CBERS</b>	<b>Área Explorada (ha)</b>	<b>Volume Extraído (m³)</b>	<b>Volume Acumulado (m³)</b>
18/ago/04	0,54	-*	-
19/set/04	0,61	350	350
30/nov/04	2,2	7950	8300
16/fev/05	3,6	7000	15300
09/abr/05	4,1	2500	17800
26/jun/05	4,9	4000	21800
08/out/05	4,6	-	21800
03/nov/05	5	2000	23800
20/jan/06	4,95	-	23800
13/mar/06	5,2	1250	25050
21/jul/06	5,1	-	25050
11/set/06	5	-	25050

\* Considerou-se para termos práticos que sem aumento da área de lavra não houve retirada de material da jazida.



REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)  
v.12, n. 1, p. 15-28, jan./jun. 2010

Ao efetuar o fechamento da poligonal dos pontos tomados em campo, nos vértices limítrofes da jazida (Tabela 3 e Figura 5), chegou-se a uma área de 5,00 ha. Confrontando-se este valor de área com o estimado da imagem CBERS-2 de data de

passagem mais próxima (11/09/06) a visita de campo, constata-se sua equivalência, tendo-se assim uma confirmação do grau de precisão da utilização desta ferramenta para gestão ambiental deste tipo de empreendimento.

**Tabela 3 - Pontos obtidos com GPS de Navegação na visita à jazida na Fz. N. Sr<sup>a</sup> do Monte Serrat em 15/09/06.**

Coord. DATUM: UTM - Córrego Alegre (COA): Zona UTM 21				
Ponto	Coordenadas (m)	Altura (H)	Erro (PDOP)	Obs
1	E 626101 N 7751866	188 m	5 m	Centro da jazida
2	E 626046 N 7751798	185 m	6 m	Limite da Jazida
3	E 626020 N 7751832	-	5 m	Limite da Jazida
4	E 625969 N 7751785	-	7 m	Limite da Jazida
5	E 626074 N 7751644	-	4 m	Limite da Jazida
6	E 626127 N 7751643	-	6 m	Limite da Jazida
7	E 626259 N 7751660	202 m	5 m	Limite da Jazida
8	E 626231 N 7751890	-	6 m	Limite da Jazida



**Figura 5 - Vista da situação da jazida na Fz. N. Sr<sup>a</sup> do Monte Serrat em 15 de setembro de 2006.**

Há, por exemplo, a possibilidade de se utilizar os resultados obtidos para se estimar quantos quilômetros de rodovia com revestimento primário podem ser construídos com o volume de material extraído, considerando-se as especificações

apresentadas na Tabela 4. Tomando-se por base o abalçamento de material extraído após a expedição da LO, é possível realizar o revestimento primário de cerca de 17,4 km de extensão de rodovia.

**Tabela 4 - Especificações para utilização de cascalho para revestimento primário de rodovias Estaduais (MS).**

Especificações para utilização de cascalho para revestimento primário de rodovias Estaduais (MS)	
Espessura média da plataforma	0,15 m
Largura média da plataforma	8,00 m
Perda de volume da matéria-prima compactada	20%

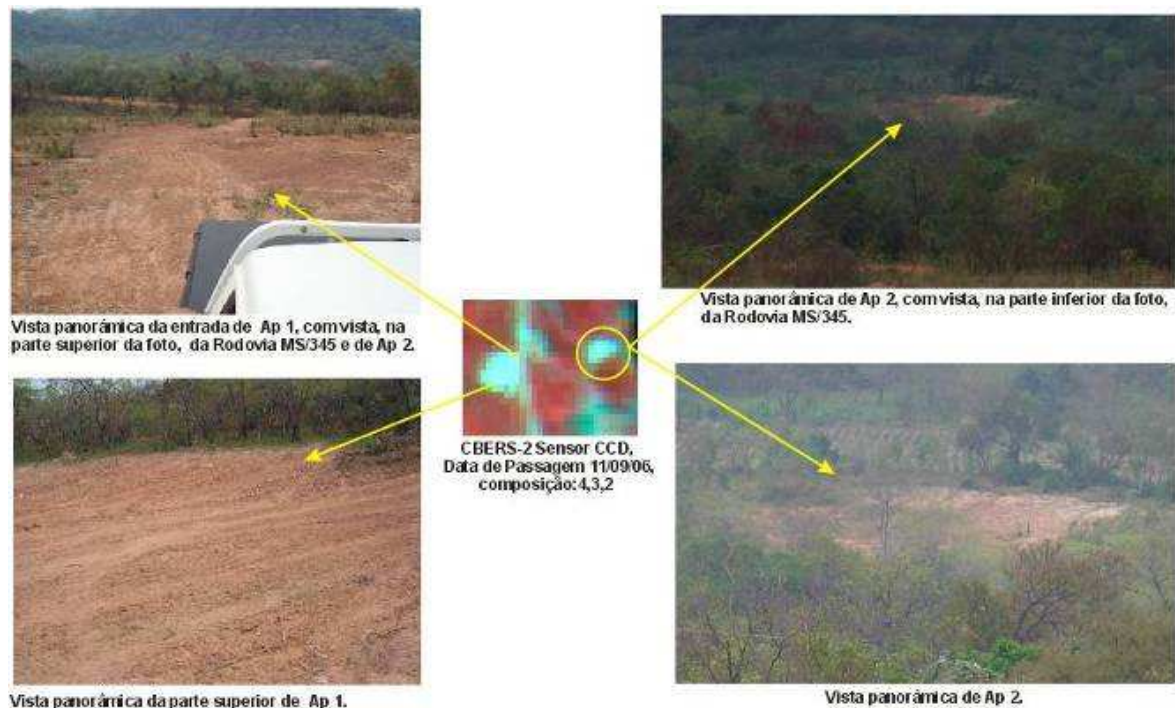
Fonte: AGESUL (informação verbal).

#### 4.2 Jazidas Ap 1 e Ap 2

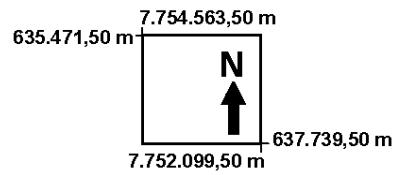
Durante a preparação das imagens em laboratório, não havia certeza de que estas duas áreas tratavam-se, efetivamente, de áreas de lavra. O que levou à formulação dessa hipótese foram as características das duas áreas de estarem próximas à rodovia, em leito natural e com exposição de solo, condições semelhantes à jazida da Faz. N. Sr<sup>a</sup> do Monte Serrat, sendo que a confirmação foi obtida com a visita a campo

(Figura 6). Não se encontrou registro de suas licenças extrativas junto a AGESUL.

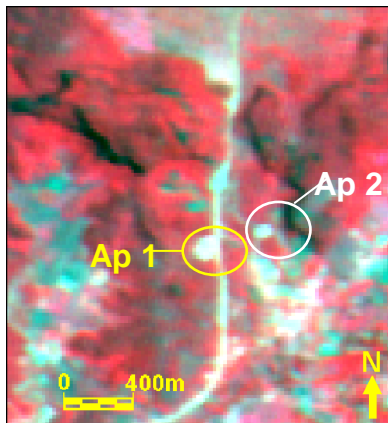
A Figura 7 mostra o acompanhamento do avanço de lavra, possibilitando a estimativa das respectivas áreas de exploração e subsequente estimativa dos volumes de material retirado, além de permitir a elaboração da Tabela 5.



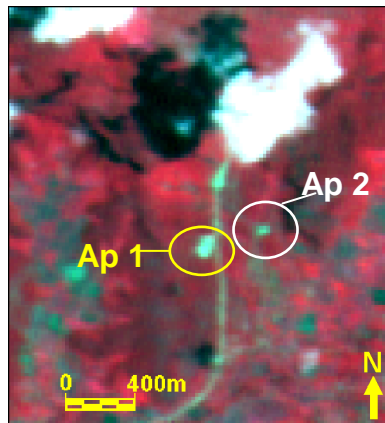
**Figura 6 - Vista da situação das jazidas Ap 1 e Ap 2 em 15 de setembro de 2006.**



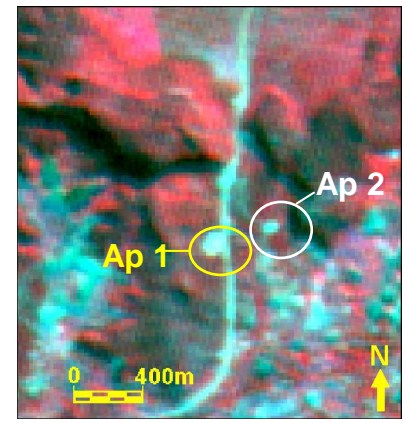
Grid dos Cortes que contem as áreas Ap 1 e Ap 2 em datum: UTM/ Córrego Alegre  
Data de Passagem do Satélite CBERS – Abreviatura: DP  
Órbita: 164 – Ponto: 123, Composição dos cortes 4,3,2



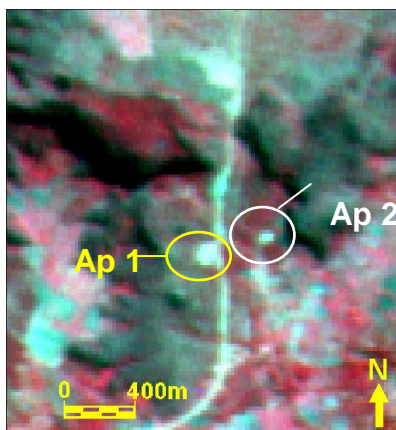
DP: 06/11/03  
Composição: 4, 3, 2  
Área Estimada Ap 1: 1,16 ha  
Área Estimada Ap 2: 0,60 ha



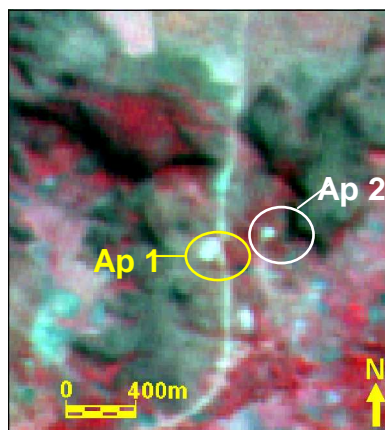
DP: 23/01/04  
Composição: 4, 3, 2  
Área Estimada Ap 1: 0,60 ha  
Área Estimada Ap 2: 0,40 ha



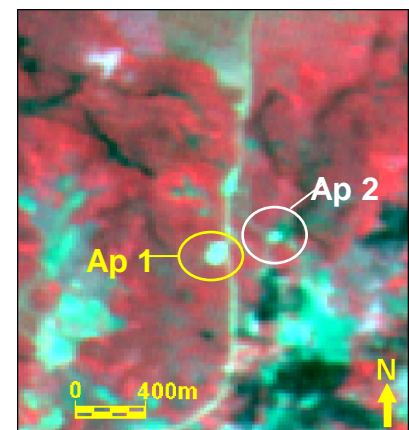
DP: 10/04/04  
Composição: 4, 3, 2  
Área Estimada Ap 1: 1,50 ha  
Área Estimada Ap 2: 0,60 ha



DP: 18/08/04  
Composição: 4, 3, 2  
Área Estimada Ap 1: 1,20 ha  
Área Estimada Ap 2: 0,50 ha



DP: 19/09/04  
Composição: 4, 3, 2  
Área Estimada Ap 1: 1,30 ha  
Área Estimada Ap 2: 0,50 ha



DP: 30/11/04  
Composição: 4, 3, 2  
Área Estimada Ap 1: 1,40 ha  
Área Estimada Ap 2: 0,50 ha

**Figura 7- Comparação das diversas imagens CBERS de diferentes datas de passagem. As áreas de lava estão nos círculos amarelo e branco. (Continua)**

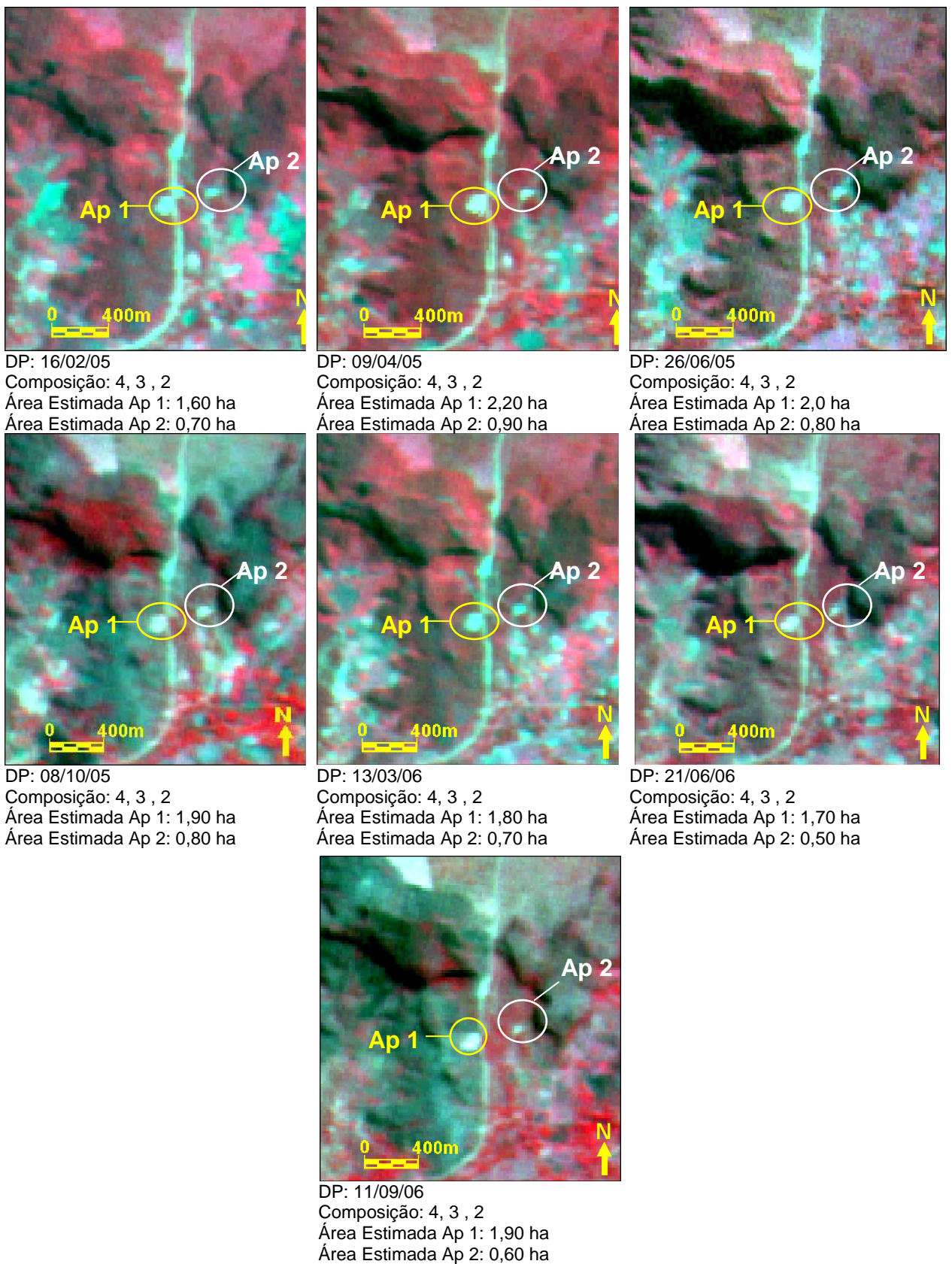


Figura 7 - Comparação das diversas imagens CBERS de diferentes datas de passagem. As áreas de lavra estão nos círculos amarelo e branco. (Conclusão)

Tabela 5 - Estimativa das áreas e de volumes de material extraído no processo extrativo em Ap1 e Ap 2, obtidas com base nas imagens CBERS-2 compostas.

Data de passagem do satélite CBERS	Área Explorada em Ap1 (ha)	Área Explorada em Ap2 (ha)	Volume Extraído em Ap1 (m³)	Volume Extraído em Ap2 (m³)	Volume Acumulado em Ap1 (m³)	Volume Acumulado em Ap2 (m³)
06/nov/03	1,16	0,6	5800	3000	5800	3000
23/jan/04	0,6	0,4	-*	-	5800	3000
10/abr/04	1,5	0,6	4500	1000	10300	4000
18/ago/04	1,2	0,5	-	-	10300	4000
19/set/04	1,3	0,5	500	-	10800	4000
30/nov/04	1,4	0,5	500	-	11300	4000
16/fev/05	1,6	0,7	1000	1000	12300	5000
09/abr/05	2,2	0,9	3000	2500	15300	7500
26/jun/05	2	0,8	-	-	18300	7500
08/out/05	1,9	0,8	-	-	18300	7500
13/mar/06	1,8	0,7	-	-	18300	7500
21/jul/06	1,7	0,5	-	-	18300	7500
11/set/06	1,9	0,6	1000	500	19300	8000

\* Considerou-se para termos práticos que sem aumento da área de lavra não houve retirada de material da jazida.

## 5 Conclusão

As imagens obtidas do satélite CBERS-2, sensor CCD, apresentaram-se como uma ferramenta útil para o monitoramento ambiental de áreas de lavra a céu aberto, principalmente por viabilizarem a localização das jazidas de uma maneira rápida e de baixo custo. Os pré-requisitos básicos são, apenas, a disponibilidade de imagens de satélite de boa qualidade (sem nuvens sobre o quadrante imagiado) e a existência de informações da malha rodoviária da região.

A menor área identificada foi de 0,4 ha, o que é relativamente pequeno em termos de extração mineral (cascalho), caracterizando-se assim a possibilidade de controle do processo desde o início de sua operação.

Em resumo, com o emprego das imagens pode-se aperfeiçoar o processo de vistoria, dando prioridade de inspeção *in loco*, por exemplo, para as áreas de jazida que apresentarem maior nível de degradação ambiental caracterizado pela remoção de cobertura vegetal (solo exposto).

## 6 Evaluation of the use of satellite images of CBERS - 2 CCD sensor, for monitoring of mining activities in the open air

**Abstract:** *The modus operandi of the miners is extremely fast, with plowing places changing after few months of activities. So this, the remote sensing is a skilled agile tool that can act in support for environmental administration of the miner activities. In this work has been evaluated the potential of the utilization of the images captured by the sensor CCD - Charge-Coupled Device, with spatial resolution of 20 meters, for analyzing the evolution of the mineral extraction activities in three pilot areas, by a multitemporal observation, with the support of the software ERDAS (ERDAS, 1997). In that way, we obtained images as a result that allowed the estimation of the mined area and volume of extracted material, as well as monitoring the degree of recovery of the same plant. The images utilized are referring to gravel beds areas, located in the rural zone of the Municipality of Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brazil.*

**Keywords:** Environmental administration. Remote sensing. Mineral extraction.

**REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)**  
**v.12, n. 1, p. 15-28, jan./jun. 2010**

## 7 Referências

- AVENZA Systems Inc **MaPublisher version 4.0** for Macromedia Free Hand user, for Windows and Macintosh Avenza Systems Inc. 2000 – 2001. Colorado, USA.
- AVERY, T. E.; BERLIN, G. L. **Fundamentals of Remote Sensing and Airphoto Interpretation**. 5 Ed. New Jersey: Prentice Hall. 1992.
- BRASIL. Lei nº6.938, de 31 de agosto de 1981.
- BRUSCHI, Denise Marília; PEIXOTO, Mônica Campolina Diniz. **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para Municípios**. Volume IV. Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM. Belo Horizonte/MG, 1997, 90 p.
- DNPM- Departamento Nacional da Produção Mineral. **Universo da Mineração Brasileira**. Brasília, 2000. [http://www.dnpm.gov.br/mostra\\_arquivo.asp?IDBancoArquivoArquivo=371](http://www.dnpm.gov.br/mostra_arquivo.asp?IDBancoArquivoArquivo=371). Acesso em: 17 de Janeiro de 2010.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). <http://www.cnps.embrapa.br/sibcs/>. Acesso em: 17 de Janeiro de 2010.
- ERDAS Inc **Erdas Imagine 8.3.1** Erdas Inc. Atlanta – Geórgia. 1CD – ROM, 1997.
- FARIAS, C. E. G. **A mineração e o meio ambiente no Brasil: relatório preparado para o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos**. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2002. 41 p.
- FERNANDES, Pedro Celso de O. ; ALMEIDA, N. B. **Relatório de Controle Ambiental**: jazida Nossa Senhora do Monte Serrat. Campo Grande, MS. AGESUL, 2004, 35 p.
- FONSECA, F. F. A. Mineração e meio ambiente. In: TAUK-TORNISIELO S. M.; GOBBI, N.; FOWLER, H. G. (Org.). **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. 2ªed. São Paulo: Universidade Estadual Paulista. cap. 9, p. 177-18, 1995
- MS - MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral. **Atlas multirreferencial**. Campo Grande, 1990, 28 p.
- MS - MATO GROSSO DO SUL. Agência de Gestão de Empreendimentos de Mato Grosso do Sul. **Mapa Político Rodoviário**. Campo Grande, 2009, 1 p.
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Programa CBERS. Satélites. CBERS – 2. Câmeras. Disponível em [http://www.cbbers.inpe.br/pt/programas/cbbers1-2\\_cameras.htm](http://www.cbbers.inpe.br/pt/programas/cbbers1-2_cameras.htm). Último acesso em 05 de outubro de 2006.
- KOPEZINSKI, I. **Mineração x meio ambiente: considerações legais, principais impactos ambientais e seus processos modificadores**. Porto Alegre: UFRGS, 2000.
- LANDSAT 5 TM Canais 1,2,3,4,5, e 7. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem de Satélite. Órbita 225 ponto 074. CD ROM. 10/08/2000.
- MACROMEDIA In. **Free Hand 9**. Macromedia Inc. San Francisco – Califórnia. 1CD – ROM, 2000.
- MENESES, P. R. Fundamentos de Radiometria Óptica Espectral. In: MENESES, P. R.; NETTO, J. S. M. **Sensoriamento Remoto: Reflectância dos alvos naturais**. Brasília, DF: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados. 2001.
- MENTOR Inc. **GeoTiffExamine release 1.01 5.0**. Mentor Software Inc.2000-1999 – USA.
- Microsoft Corporation. **Microsoft Office 2007**. Microsoft Software.2007 – Washinston, USA.
- MS - MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral. **Atlas multirreferencial**. Campo Grande, 1990, 28 p.
- MS - MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Obras Públicas e de Transportes. **Mapa Político Rodoviário**. Campo Grande, 2009, 01 p.
- PCI Geomatics. **Geomática versão 9.1** for Windows. Otário, Canadá. 16 de dezembro de 2003. 1 CD-ROM.
- RAFAELI NETO, Sílvio Luis; **Sistemas de Informação Geográfica**. Programa de Extensão do Laboratório de Geoprocessamento, Departamento de Engenharia Rural Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV. Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, 2003.
- RAMOS, Paulo Roberto; RAMOS, Luiz Antônio; LOCH, Carlos. Sensoriamento Remoto como Ferramenta para a Gestão Ambiental e o Desenvolvimento Local In: COBRAC 2004, **7º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário**. UFSC, Florianópolis, 10-14 de outubro de 2004.
- SIKORSKI, S. R. Geoprocessamento como instrumento de planejamento urbano. In: GIS BRASIL 96, 1996, Curitiba. **Anais...**Curitiba: Ed. do GIS BRASIL. 1996. p. 40-45.
- VAZ, José Carlos. **GEOPROCESSAMENTO**. DICAS nº 94, disponível em <http://federativo.bndes.gov.br/dicas/D094%20-%20Geoprocessamento.htm>. Acesso em: 15 fevereiro de 2007.