

Mapeamento do uso e cobertura da terra do município de Equador (RN) utilizando imagens do satélite CBERS-2B, visando subsidiar as atividades garimpeiras e agrícolas

Paulo Sérgio de Rezende Nascimento¹

Reinaldo Antônio Petta¹

Thomas Ferreira da Costa Campos¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN
Caixa Postal 1607 - 59078-970 - Natal - RN, Brasil
{paulo, petta, thomascampos}@geologia.ufrn.br

Abstract. The technique of image fusion which allows the mapping of details, the lack of thematic maps on the Northeastern semi-arid and the mining activity developed improperly, especially in the Seridó interior of the state of Rio Grande do Norte, were the guiding factors for the present work. Therefore, we aim here to map the land use and land coverage of the city of Equador (RN), scale 1:10.000, through the images CBERS-2B, as a way of assisting mining and agricultural activities. The procedure carried out here included: creation of a Georeferenced Database; restoration, register, fusion and enhancement of images; visual interpretation followed by digitalization of thematic classes; and field works to collect control points using GPS and to recognize the thematic classes. As a result of the map of land use and land coverage, four classes of steppe savanna were classified: Forest, Arboreous, Parkland and Grassy-wood, as a total of 81% and 19% of thematic classes constituted by exposed rocks and soil, mining areas, agriculture, dam and urban area. The conclusions refer to the capacity of mapping details with the fusion of the images CCD and HRC. Added to that, the area studied here, even containing 80% of natural vegetation, already displays the features attributed to desertification, although pro-active actions regarding mineral and agricultural exploration can bring modifications and make the semi-arid region able to develop profitable economic activities, in a proper way, according to the natural conditions.

Palavras-chave: Image fusion, image restoration, remote sensing, fusão de imagem, restauração de imagem, sensoriamento remoto.

1. Introdução

O município de Equador, área de estudo desse trabalho, localiza-se na porção extremo sul do Estado do Rio Grande do Norte, delimitada pelos paralelos 6°30' a 7°00' de latitude Sul e pelos meridianos 36°45' a 36°30' de longitude Oeste (Figura 1). O acesso à área de estudo pela cidade de Natal é feito pelas rodovias pavimentadas BR-256, BR 427 e RN 086. Situado no semiárido nordestino, o município é caracterizado pela abundância de energia solar disponível e pela irregularidade do regime pluviométrico. Os pequenos açudes e represas são aparentemente um benefício tanto no meio rural como no meio urbano, pois os rios são intermitentes. No entanto, a radiação solar no espelho d'água provoca perdas significativas do volume de água pela evaporação. Além disso, por possuir solos rasos (neossolos), com características granulométricas pedregosas ou arenosas e com constituição química pobres em matéria orgânica, apresentam elevado grau de vulnerabilidade ao processo erosivo, facilitando assim os fenômenos de assoreamento dos cursos d'água e de desertificação.

A estrutura econômica do município de Equador se concentra na mineração, principalmente na exploração do caulim, pois os granitos pegmatóides caulinizados constituem um ambiente favorável para abrigar concentrações anômalas de argila caulínica. Outra atividade econômica é a agricultura, fato esse que possibilitou a formação de uma classe trabalhadora denominada de garimpeiros-agricultores. A agricultura possui um modelo familiar e vem ganhando força nos últimos anos, impulsionada pelo debate sobre desenvolvimento sustentável, geração de emprego e renda, segurança alimentar e desenvolvimento local. Essa atividade ocorre principalmente na época das chuvas, entre fevereiro e junho, e nos demais meses a mineração predomina. A técnica utilizada pelos garimpeiros é artesanal e subterrânea. A ausência de tecnologia adequada ocasiona

insalubridade de trabalho com doenças respiratórias e dermatológicas, como também mutilamentos e mortes, devido aos recorrentes desabamentos das paredes e dos tetos das minas. Outra forma de exploração dos bens minerais da área de estudo é realizada por empresas mineradoras através de minas a céu-aberto e utilizando maquinários como retroscavadeiras.

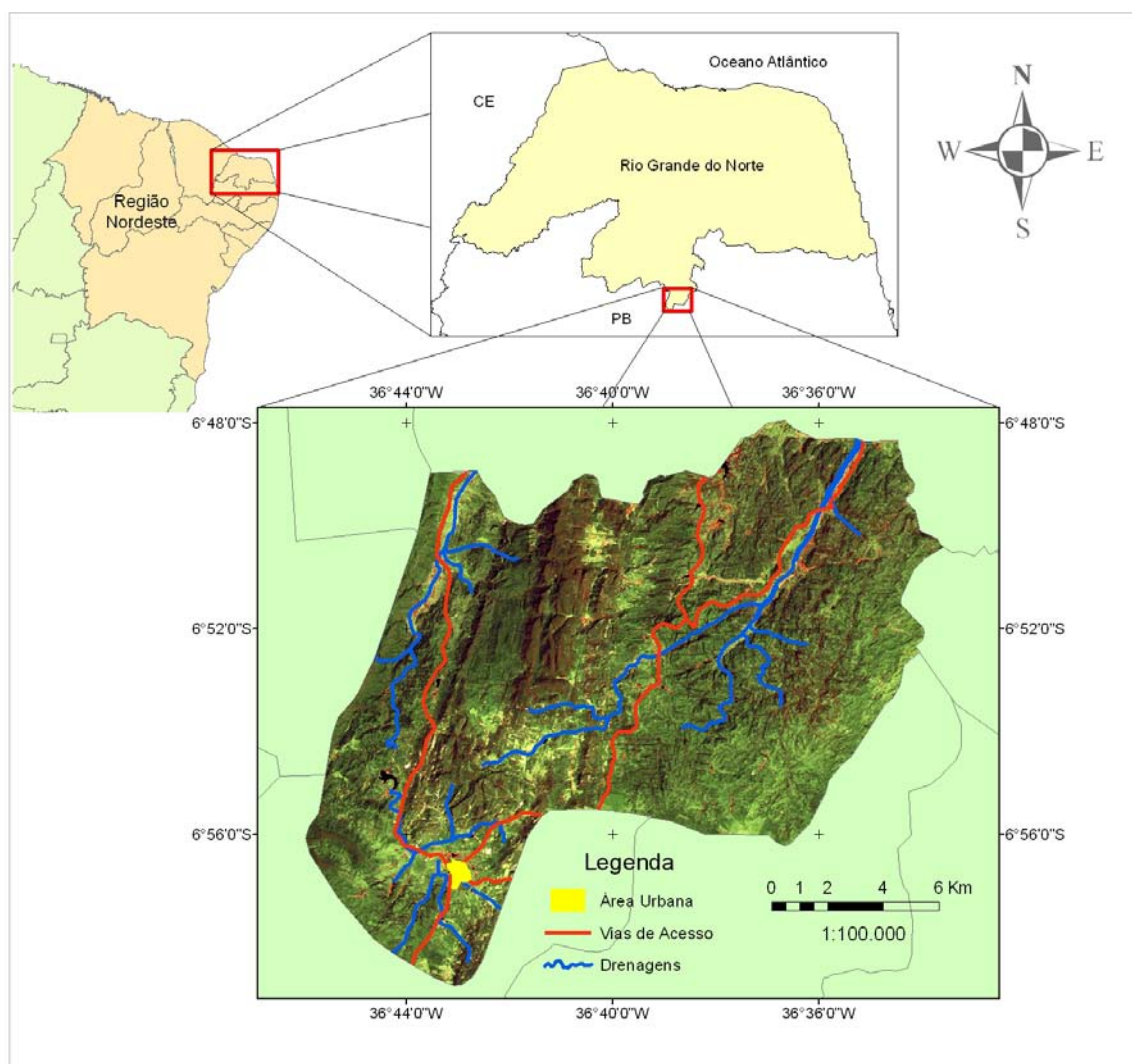


Figura 1. Localização da área de estudo (Município de Equador – RN).

O desmatamento, a ausência da recuperação das minas abandonadas e a disposição dos rejeitos nas encostas, estradas e drenagens ocasionam e intensificam os processos erosivos, de assoreamento e contaminação dos corpos d'água e de desertificação dessa região semiárida, que naturalmente já sofrem pelas condições naturais. Assim, a poluição na região de Equador é provocada majoritariamente pela atividade mineradora, a qual gera elementos e compostos nocivos, nas formas gasosas, líquida e sólida, resultando na acumulação de produtos portadores de metais pesados e reagentes.

Para o desenvolvimento de procedimentos técnicos que otimizem a exploração dos bens minerais, que definam de ações ambientais preventivas e corretivas, visando minimizar o impacto ambiental decorrente da atividade minerária e para a criação de políticas de crescimento da atividade agrícola de acordo com a natureza peculiar da fisiografia do semiárido são necessários a produção, o armazenamento e a manipulação de dados espaciais. Esses procedimentos contribuirão para a diminuição do impacto ambiental, aumentarão o

crescimento econômico e a fixação da mão-de-obra dos atores participantes do Arranjo Produtivo Local e das Cadeias Produtivas Agrícolas.

Dessa forma, objetivo desse trabalho é o mapeamento de detalhe (escala 1:10.000) do uso e da cobertura da terra utilizando imagens do satélite CBERS-2B, visando a montagem de um Banco de Dado Georreferenciado do município de Equador (RN), o qual servirá de base para definir estratégias para exploração minerária mais segura, menos insalubre e ambientalmente sustentável e privilegiar as potencialidades naturais do semiárido com relação à agricultura, através de espécies locais, já adaptadas à seca e à baixa fertilidade do solo, como por exemplo, a faveleira, forrageira endêmica, que além de recuperar áreas degradadas possui maior porcentagem de gordura do que a mamona.

É importante ressaltar que não existem documentos cartográficos de detalhe na área de estudo e que esse trabalho está inserido no Projeto EXAUECA, o qual entre tantas metas, almeja o mapeamento temático detalhado, a exploração a céu-aberto e a definição de medidas tanto do aumento da produção minerária como da recuperação ambiental das minas exauridas, através da reconstituição topográfica, recomposição da vegetação nativa e de áreas propícias ao desenvolvimento da agricultura.

O aceleramento do processo de desertificação, alterações paisagísticas, desconformidades topográficas, escassez de água potável, aceleração dos processos erosivos, assoreamento de rios e açudes e impactos socioeconômicos pela exploração minerária inadequada do semiárido nordestino, como é o caso do município de Equador do Estado do Rio Grande do Norte, nortearam o desenvolvimento desse trabalho, visando direcionar a sustentabilidade socioeconômico-ambiental da atividade minerária e agrícola.

2. Metodologia de Trabalho

O primeiro procedimento foi obter as imagens mais recentes e sem cobertura de nuvens da área de estudo no catálogo de imagens web do INPE. Assim, foram adquiridas as imagens dos meses de julho e setembro de 2008, órbita/ponto 148/108, contendo uma cena das bandas 2, 3 e 4 do sensor CCD e duas cenas pancromáticas do sensor HRC. Após a aquisição, as imagens CCD passaram pelo procedimento de restauração para melhorar a aparência borrada, pois o sensor CCD detém a degradação da Função de Transferência da Modulação (TFM) (SOUZA, 2005). A restauração foi feita para 10m, obtendo uma imagem realçada e com o dobro da resolução espacial das imagens originais. Esse procedimento foi realizado em um projeto sem projeção cartográfica para garantir que as mesmas não fossem reamostradas e então foram convertidas para o formato GRIB, então registradas a partir de pontos de controle adquiridos em campo com auxílio de GPS e só então inseridas no Banco de Dado Georreferenciado (BDG) do programa de geoprocessamento SPRING.

Uma resolução espacial alta é necessária para uma melhor caracterização da estrutura, da forma e textura dos objetos, na qual mede a menor separação angular ou linear entre dois objetos, enquanto que uma alta resolução espectral admite a discriminação e conseqüente classificação de diferentes fisionomias numa imagem. As técnicas de fusão possibilitam integrar a melhor resolução espacial da banda pancromática com a melhor resolução espectral das demais bandas (POHL et al., 1998). Essas técnicas preservam a informação espectral da imagem original e incorporam a informação espacial da banda pancromática para o produto híbrido (LEONARDI et al., 2005). Dessa forma, foi realizada a fusão pelo método IHS da composição colorida 4R3G2B e posteriormente, a imagem fusionada foi realçada por contraste linear.

Realizados esses procedimentos, o mapa de uso e cobertura da terra do município de Equador -RN foi confeccionado pela interpretação visual da imagem restaurada, fusionada e realçada com base nas seguintes características de interpretação de imagens (cor, textura, forma, padrão, dimensão, tonalidade e contexto). O aspecto espacial é de grande importância

no processo de aquisição de informações por meio de imagens, pois cada alvo, geralmente, apresenta forma e distribuição características, que facilitam a sua identificação na imagem. A interpretação das imagens apoiou-se na técnica sistemática. É importante ressaltar que a legenda das classes foi definida segundo a nomenclatura adotada pelo IBGE (1992), nas verificações em campo e na escala de trabalho.

3. Resultados e Discussão

A Figura 2 exibe o mapa de uso e cobertura da terra do município de Equador (RN), o qual possui uma área de 26.567 ha, com quatro classes de vegetação natural classificadas como savanas-estépicas: florestada (5.780,83 ha); arborizada (6.245,62 ha), parque (5.456,73 ha) e gramíneo-lenhosa (4.068,54 ha), totalizando 81,15% e 18,85% de classes temáticas constituídas por rochas e solos expostos (2.797,44 ha), áreas de mineração (1.259,74 ha), agrícola (779,34 ha), represa (121,25 ha) e mancha urbana (57,53 ha).

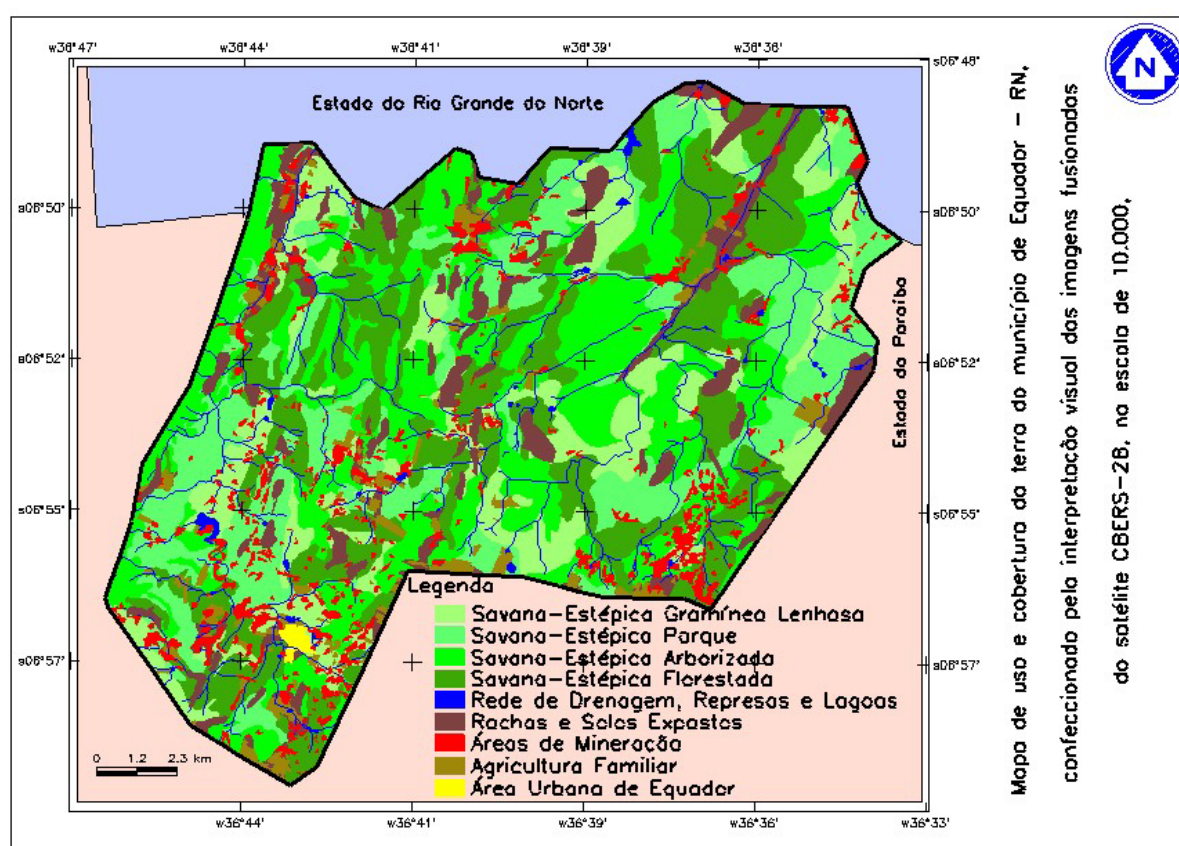


Figura 2. Mapa de uso e cobertura da terra do município de Equador (RN).

As quatro classes de savanas-estépicas encontram-se distribuídas por toda a área de estudo e as suas identificações e delimitações foram possíveis pelo auxílio de uma profissional especializada em botânica do semiárido e pelos procedimentos de restauração, fusão e realce de contraste das imagens CBERS. A Figura 3 exibe as quatro classes de savanas-estépicas.

A região do Seridó (RN), área de estudo desse trabalho, faz parte dos quatro núcleos de desertificação intensiva no Nordeste do Brasil, a saber: Gibués (PI), Irauçuba (CE) e Cabrobó (PE). No entanto, no município de Equador, o processo de desertificação ainda é incipiente, mas suas feições já são notadas principalmente pelas áreas sem vegetação, constituídas por terrenos arenosos e pedregosos. O desmatamento é resultante das atividades minerárias e agrícolas, as quais são realizadas inapropriadamente e posteriormente abandonadas sem a

devida recuperação ambiental. Esse descompromisso com o meio ambiente desencadeia os processos erosivos, de assoreamento e de contaminação dos cursos d'água. Esses processos se intensificam pelo desmatamento de novas áreas para a exploração mineral e plantio, como também pela continuidade da disposição inadequada dos rejeitos das minas, geralmente nas estradas, encostas, interior das calhas dos rios e ao redor das represas.



Figura 3. Savana-Estéptica Florestada (1); Savana-Estéptica Arborizada (2); Savana-Estéptica Parque (3) e Savana-Estéptica Gramíneo-Lenhosa (4).

Nesse contexto, tanto em campo como nas imagens foram identificados vários corpos rochosos e solos expostos originados pelo desmatamento da vegetação e pelo abandono das minas e plantações exauridas. São comuns as feições erosivas laminares e lineares (ravinas e boçorocas), cujo transporte dos sedimentos potencializa a infertilidade dos solos e assoreia e contamina os corpos d'água, muitos desses já apresentando evidências de eutrofização.

A agricultura possui um modelo com um arranjo disperso de baixa produtividade, com espécies nem sempre adaptadas às condições climáticas, e sem a preocupação de agregar valor à produção. Essa atividade ocorre principalmente na época das chuvas, e nos demais meses, a mineração predomina. As técnicas utilizadas pelos garimpeiros são artesanais, sem equipamentos e vestuários de segurança e através de minas subterrâneas com total ausência de tecnologia adequada (Figura 4). As doenças dermo-respiratórias, os mutilamentos e as mortes dos garimpeiros são comuns. Ao esgotar rapidamente o potencial do solo para a agricultura e do bem mineral, essas áreas são abandonadas sem a devida recuperação ambiental (Figura 5).

A poluição na região de Equador é provocada majoritariamente pela atividade mineradora, a qual gera elementos e compostos nocivos, nas formas gasosas, líquida e sólida, resultando na acumulação de produtos portadores de metais pesados e reagentes. Esses produtos vão se depositar e contaminar os pequenos açudes e represas (Figura 6), os quais são aparentemente um benefício tanto no meio rural como no meio urbano, devido à escassez ou ausência de rios perenes. Além disso, a radiação solar no espelho d'água solar provoca perdas significativas do volume de água pela evaporação e os solos rasos, com características granulométricas pedregosas ou arenosas e com constituição química pobres em matéria orgânica, intensificam também os processos de erosão, de assoreamento dos cursos d'água e da desertificação dessa área do semiárido.



Figura 4. Estrutura rústica para a entrada dos garimpeiros nas minas subterrâneas e garimpeiro sem proteção no interior da cava subterrânea, condições que facilitam os acidentes.



Figura 5. Abandono de áreas agrícolas sem recuperação ao redor do leito seco do rio Seridó, com feições erosivas lineares na forma de sulco, com tendência a formar ravinas.



Figura 6. Disposição inadequada do rejeito de caulim e mina abandonada de argila, ambos procedimentos realizados no interior do leito do rio Seridó, com comprometimento da água pela contaminação por elementos radioativos e metais pesados.

Dessa forma, é necessário articular soluções para o crescimento e minimização dos impactos ambientais das atividades minerárias e agrícolas desenvolvidas pelos garimpeiros-agricultores, partindo do pressuposto que é impossível mudar as condições naturais do semiárido, mas é possível desenvolver atividades econômicas rentáveis e de acordo com a dinâmica da semiaridez, quando se privilegiam as suas potencialidades em harmonia com a gestão ambiental, ao contrário que tem sido feito historicamente. Assim, é essencial quebrar o paradigma que as irregularidades da distribuição espaço-temporal das precipitações são

condições adversas para o desenvolvimento socioeconômico, através de soluções que envolvam os atores locais, exterminando as práticas inadequadas, descontínuas e sem recuperação da degradação ambiental, começando pela exploração mineral com minas a céu-aberto, a escolha adequada das espécies vegetais para a agricultura e a formulação de planos de recuperação ambiental. Assim, as propostas para o desenvolvimento das atividades garimpeiras e agrícolas são baseadas em estratégias pró-ativas, levando em consideração as condições naturais do semiárido, a minimização dos passivos ambientais durante a operação da mina, a maximização da durabilidade do tempo de vida da mina e as aspirações dos atores diretamente envolvidos nessas atividades.

Nesse contexto, para a exploração garimpeira será proposto o método clássico de lavra a céu-aberto, o qual possui vários estágios em termos gerais e teóricos, com equipamentos e vestuário de segurança em todas as etapas. A fase de extração será precedida pelo desmatamento, com remoção apenas da área necessária para o desenvolvimento da exploração e circulação de veículos. Os materiais do decapeamento do solo e do estéril serão alocados em leiras para posterior reutilização na recuperação da lavra. Na fase de exploração, o avanço da lavra ocorrerá das cotas superiores para as inferiores por degraus e patamares, tendo em vista o adequado aproveitamento do recurso mineral, da estabilidade da exploração e das condições de segurança do trabalhador. O desmonte será realizado com recurso de escadeiras, tratores de esteiras e trabalho braçal. A formação da matéria-prima nas imediações da frente de lavra, após a estocagem, será planejada para operações de pré-tratamento, de modo a evitar a sua contaminação externa e posterior transporte para o beneficiamento e comercialização, agregando dessa forma, valor ao produto final. Os estéreis da exploração, constituídos por níveis de cobertura sem aproveitamento econômico, serão separados e estocados para posterior utilização na recuperação paisagística.

A recuperação paisagística das áreas degradadas será a reconstituição topográfica do relevo e o preenchimento da área lavrada terá cuidado especial quanto à contaminação do lençol freático, caso os materiais contiverem substâncias tóxicas. Essa etapa será executada simultaneamente à mineração, agregando a recuperação ao cotidiano e não se restringindo ao final do empreendimento. Esse tipo de procedimento é pautado na recuperação orientada de acordo com um plano prévio, contendo a avaliação dos efeitos operacionais de preparação do terreno, remoção da flora durante o decapeamento, assim como os problemas gerados pela extração do bem mineral e situação de cavas exauridas. Após essa fase, prevê a utilização do solo armazenado para o reflorestamento com espécies nativas, que possibilitará a recuperação das funções do ecossistema, evitando os processos de desertificação, erosão e assoreamento dos recursos hídricos. As mudas deverão ser produzidas em viveiros próprios e o plantio deverá ser conduzido de forma a expor certa heterogeneidade entre as espécies selecionadas ou disponíveis para a época do plantio.

Além da recuperação com a recomposição vegetal do bioma Caatinga (Savana-Estépica), serão definidos também novos usos da terra para a agricultura, de acordo com as potencialidades naturais do semiárido, que proporcionará a continuidade da sustentabilidade econômica do garimpeiro-agricultor. Os tipos de cultura serão espécies rentáveis, obedecendo às restrições dos solos e do clima, como lavouras xerófilas (herbácea, arbustiva e arbórea), sejam como espécie forrageira, alimentação humana e produtos fármacos. Cabe lembrar que as plantas podem ser aclimatadas por meio de manejos e experimentos genéticos, formando um banco de sementes adaptadas ao semiárido e que o clima seco e quente dificulta a presença de doenças e fungos, o que diminui o custo da produção pela menor utilização de defensivos. Além disso, será proposta a utilização das técnicas de plantio direto e da rotação de cultura, as quais reduzem o impacto ambiental da agricultura, promovem a recuperação do solo e o aumento da produção.

4. Conclusões

As principais conclusões desse trabalho dizem respeito sobre:

- A capacidade do mapeamento de detalhe do uso e cobertura da terra, escala de 10.000, a partir da restauração das imagens CCD/CBERS-2B e a consecutiva fusão dessas imagens com a imagem pancromática HRC/CBERS-2B;
- O município de Equador (RN), mesmo ainda contendo 80% de vegetação natural, já possui características de desertificação, mesmo que ainda incipiente, verificadas pelas áreas desmatadas e constituídas por sedimentos inconsolidados arenosos e pedregosos, como também por corpos rochosos expostos, ambos com feições erosivas marcantes;
- Os reservatórios naturais e artificiais de água, importante tanto para a população rural como urbana, além de perder água pela grande evaporação devido às altas temperaturas, encontram-se em processo elevado de assoreamento e contaminação, facilmente perceptíveis pelos sedimentos em suspensão e eutrofização, devido aos inadequados depósitos dos rejeitos da mineração;
- Por fim, ações pró-ativas no modo de exploração mineral e agrícola podem modificar esse quadro e tornar o semiárido com potencialidade de desenvolver atividades econômicas rentáveis e ambientalmente saudável, de acordo com suas condições naturais e pautadas na agregação de valor aos produtos para que alcancem melhores preços no mercado, promovendo assim uma melhor distribuição de riquezas entre os produtores.

Por fim, é importante que os vários institutos de pesquisas do estado e da região nordestina ampliem a competência técnica e busquem inserir o semiárido nas políticas públicas de desenvolvimento científico e tecnológico brasileiro, não somente para o crescimento econômico, mas para difundir valores como sustentabilidade, solidariedade, fortalecimento social, ambiental e cultural, comprovando que não existem condições adversas, mas sim a falta de ações e/ou atitudes adversas no semiárido.

Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio financeiro; e ao Laboratório de Geomática do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte pelo suporte tecnológico.

Referências bibliográficas

IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira** (Manuais Técnicos de Geociências nº01). Rio de Janeiro: IBGE. 1992. 92p.

Leonardi S. S.; Ortiz, J. O.; Fonseca L. M. G. Comparação de técnicas de fusão de imagens para diferentes sensores orbitais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 4111-4113. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.22.49/doc/4111.pdf>>. Acesso: 15 ago. 2010.

Pohl, C.; Van Genderen, J. L. Multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods and applications. **International Journal of Remote Sensing**, v. 19, n. 5, p. 823-854, 1998.

Souza, P. E. U. Restauração de imagens CCD/CBERS-2 pelo método de Richardson-Lucy modificado. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2005, 12, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 1107-1114. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.21.32/doc/1107.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2010.