

ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E COBERTURA DAS TERRAS DA REGIÃO DO BAIXO ACARAÚ – CE

Lydia Helena da Silva de Oliveira MOTA¹, Gustavo Souza VALLADARES², Hugo Mota Ferreira LEITE³, Andréa da Silva GOMES⁴, Regina Maria Fontenele MAGALHÃES⁵, Tibério Almeida da SILVA⁶

- (1) Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Rua Rio Amazonas, 151 – Jardim dos Migrantes. CEP 76900-730. Ji-Paraná, RO. Endereço eletrônico: lydia.mota@ifro.edu.br
- (2) Professor Adjunto, Universidade Federal do Piauí, Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, S/N, Bairro Ininga, CEP 64049-550, Teresina (PI). E-mail: valladares@ufpi.edu.br
- (3) Professor Assistente, Universidade Federal do Acre - UFAC, Campus Universitário de Cruzeiro do Sul, Estrada do Canela Fina, Km 12, Gleba Formoso, CEP 69980-000, Cruzeiro do Sul (AC). E-mail: hugomota@ufac.br
- (4) Mestranda do curso de Pós-graduação em Agronomia - Ciência do solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, Departamento de solos, BR 465 km 7, CEP 23890-000, Seropédica (RJ). E-mail: andrea_zooufc@yahoo.com.br
- (5) Mestranda do curso de Pós-graduação em Nutrição Animal e Forragicultura, Universidade Federal do Ceará – UFC, Departamento de zootecnia, Campus do Pici, S/N, Blocos 808 e 809, Fortaleza (CE). E-mail: ginamaria00@hotmail.com
- (6) Estudante de Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, S/N, Bloco 807, CEP 60021-970, Fortaleza (CE). E-mail: tiberioagro@gmail.com

Introdução
Área de Estudo
 Perímetro Irrigado Baixo Acaraú
Material e Métodos
 Mapeamentos e dinâmica do uso e cobertura das terras
 Acurácia do mapa de uso e cobertura das terras
Resultados e Discussão
 Mapeamento do uso e cobertura das terras
 Acurácia do mapa de uso e cobertura das terras
 Dinâmica de uso e cobertura das terras nos anos de 1999 e 2008
Conclusões
Agradecimentos
Referências Bibliográficas

RESUMO - Nos últimos anos a região do Baixo Acaraú tem passado por alterações, principalmente no tocante ao uso e cobertura das terras devido à implantação do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú. Com isso, objetivou-se com o presente trabalho avaliar as mudanças no uso e cobertura das terras ao longo do tempo, com o auxílio de SIG e, assim, fornecer subsídios ao planejamento e gestão agrícola e ambiental da região do Baixo Acaraú. Adotou-se o método de análise multitemporal definindo-se o período de 1999 a 2008. Para a obtenção do mapa da dinâmica de uso e cobertura das terras do Baixo Acaraú foi realizada uma amostragem de campo para caracterização e classificação das classes de uso e cobertura das terras. Foram utilizadas, para as duas datas, imagens do satélite LANDSAT 5 ETM. Com o mapeamento de uso e cobertura das terras foram estabelecidas 16 classes, em que nos dois anos (1999 e 2008) a maior cobertura do solo correspondeu à classe vegetação mista, seguido da classe vegetação arbóreo-arbustiva e da classe carnaubal com vegetação ripária associada.

Palavras-chave: Geoprocessamento, Dinâmica de uso das terras, planejamento ambiental.

ABSTRACT – In recent years region of the Baixo Acaraú has undergone changes, especially regarding the land use/cover because deployment to the Irrigated Perimeter Low Acaraú. Thus, the objective of this study to assess changes in land use/cover over time, using GIS and thus provide a basis for planning and management of environmental and agricultural region of the Baixo Acaraú. The method adopted was the multitemporal analyses, limited to the period from 1999 to 2008. To obtain a map of the dynamics of land use/cover of the Baixo Acaraú sampling was performed for a sample characterization and classification of classes of land use/cover. Were used for the two dates, satellite images LANDSAT 5 ETM. With the mapping of land use and land cover 16 classes were established, where in two years (1999 and 2008) the largest land cover class corresponded to the mixed vegetation, followed by vegetation class of trees and shrubs and riparian vegetation class with carnauba palm associated.

Palavras-chave: Geoprocessamento, Dinâmica de uso das terras, planejamento ambiental

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a região do Baixo Acaraú tem sido submetida a consideráveis alterações, principalmente no tocante ao uso e cobertura das terras. Fato este que se deve principalmente pela implantação do Perímetro

Irrigado Baixo Acaraú (local destinado aos produtores com uma infraestrutura dividida em lotes e com canalização de água para irrigação, pagando pela terra e pela pelo uso da água), o qual foi iniciado em 1983. Porém, os serviços

de administração, operação e manutenção da infraestrutura de uso comum (estrutura do perímetro utilizada por todos os produtores, como por exemplo, o canal de irrigação), tiveram início somente no ano de 2001. Essa rápida e intensa modificação no uso das terras tem produzido impactos ambientais, como, por exemplo, a expansão das áreas irrigadas que induz o crescimento de problemas de degradação dos recursos naturais (solo e água), principalmente aqueles relacionados à salinidade e à sodicidade do solo.

O termo uso e cobertura das terras acarreta confusão no conceito de cada um, pois os termos cobertura e uso das terras se assemelham a ponto de se confundir em alguns casos, porém não equivalentes. Segundo Turner II & Meyer (1994), o uso do solo se refere ao emprego humano àquela cobertura, como por exemplo, a pecuária, irrigação, silvicultura e área urbana. Por outro lado, a cobertura das terras diz respeito ao estado físico, químico e biológico da superfície terrestre, tais como, cobertura vegetal com floresta, água, ou área construída. De acordo com Leal (2005), alterações no uso das terras normalmente ocasionam alterações na cobertura das mesmas, no entanto, podem ocorrer mudanças na cobertura das terras sem que haja modificações no seu uso.

A partir dos mapeamentos de uso e cobertura das terras é possível compreender os padrões de organização do espaço, permitindo a observação das consequências do uso inadequado das terras (Rosa, 2001). Entretanto, sabe-se que o uso das terras não permanece inalterado por longos períodos, tornando importante uma atualização constante da análise do uso e cobertura das terras. Para Batistella et al. (2008), o monitoramento e o mapeamento do uso e cobertura das terras auxilia a avaliação da situação recente de uma determinada área, bem como a dinâmica territorial em curso e o impacto de projetos de desenvolvimento regional existentes.

ÁREA DE ESTUDO

A região do Baixo Acaraú está inserida na bacia do Rio Acaraú, a qual está situada na região norte do Estado do Ceará. Essa região é drenada exclusivamente pelo rio Acaraú e seus

O estudo do uso e cobertura das terras, a partir de informações de Sensoriamento Remoto, resulta em uma técnica muito útil para o planejamento e gestão da ocupação ordenada e racional do meio físico, e ainda possibilita uma maior avaliação e monitoramento da preservação de áreas com vegetação natural (Campos et al., 2010). Segundo Rodríguez (2000), um mapa temático atualizado e preciso dos diferentes usos e ocupação das terras de um determinado local pode ser obtido de forma rápida através da interpretação de imagens de satélite.

O mapeamento do uso e cobertura das terras permite analisar temporalmente e espacialmente as mudanças ocorridas em um determinado local em um determinado período de tempo. Nesse sentido, Moraes et al. (2005) citam que o mapeamento do uso da terra e de outras informações sobre o meio físico de uma área possui como características o enorme número de informações e a dinâmica espaço-temporal, exigindo uma fonte de coleta de dados que atenda a essas exigências de forma ágil e com custo relativamente baixo. Nestes termos, as técnicas de geoprocessamento são muito eficazes para a integração e o planejamento de dados, permitindo a coleta e análise das informações temáticas e oferecendo subsídios ao planejamento agrícola e ambiental (Valério Filho, 1994). Como resultado do estudo da dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura das terras, segundo Sawakuchi (2010), têm-se subsídios para entender a forma de ocupação de uma região e avaliar os impactos ambientais resultantes da ação humana.

Diante do exposto, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar mudanças no uso e cobertura das terras ao longo do tempo, com o auxílio de SIG e, assim, fornecer subsídios ao planejamento e gestão agrícola e ambiental da região do Baixo Acaraú.

afluentes. Ocupa uma área da ordem de 14.416 km² que representa 9,73% da área do Estado do Ceará. A bacia do Acaraú possui aproximadamente 315 km de extensão e

desenvolve-se no sentido sul-norte (COGERH, 2009). Segundo Araújo & Freire (2007a), esta bacia banha aproximadamente vinte e cinco municípios cearenses e é considerada a segunda maior do Ceará.

A área de estudo apresenta-se na porção mais baixa da bacia do Rio Acaraú (Figura 1), correspondente aos municípios de Acaraú, Cruz, parte de Bela Cruz e de Marco, e perfaz um total de 1.067,22 km². Nessa região foi criado e implantado o Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, que vem se expandindo até a presente data e corresponde a aproximadamente 11,6% da área estudada. Ao sul e a leste as coordenadas geográficas em UTM aproximadas que delimitam a área são 9642166S/383760W e 9689810S/360444W, com precipitação média anual em torno de 900 mm, sendo o período seco de julho a dezembro e o chuvoso de janeiro a junho (SUDEC/DNOCS, 1974).

As unidades geomorfológicas que compõem a região estudada são a planície litorânea, restinga, planície fluvial, tabuleiro costeiro e pediplano. Segundo a classificação de Köppen, a área de estudo possui clima Aw¹ (tropical chuvoso) com chuvas máximas no outono. A umidade relativa média varia de níveis < 50% a > 80%, onde o primeiro ocorre nas regiões mais secas e nos meses de estiagem

e a segunda ocorre nas regiões mais úmidas (Köppen & Geiger, 1928). Na região do Baixo Acaraú ocorrem principalmente sedimentos clásticos areno-argilosos do Grupo Barreiras (Ministério das Minas e Energia – Departamento Nacional da Produção Mineral, 1973), sendo possível a ocorrência de conglomerados e concreções de ferro em proporções variadas. A maioria dos solos na região do Baixo Acaraú apresenta textura arenosa até profundidades superiores de 0,5 m, há ocorrência de solos com profundidades maiores que 1,0 m e são encontrados ainda solos com textura arenosa com mais de 1,5 m de profundidade. A maioria dos solos com textura arenosa e profundidade entre 0,5 e 1,0 m são classificados como Argissolo arênico. Já aqueles entre 1,0 e 1,5 m de profundidade são classificados em sua maioria como Argissolos espessarênicos. E com textura arenosa até profundidades maiores que 1,5m são classificados como Neossolos Quartzarênicos. A área de estudo possui como principal cobertura vegetal a caatinga, a qual apresenta-se como uma vegetação predominantemente caducifólia (Fernandes, 1990), sendo classificada, segundo IPECE (2010), como caatinga arbustiva densa e caatinga arbustiva aberta.

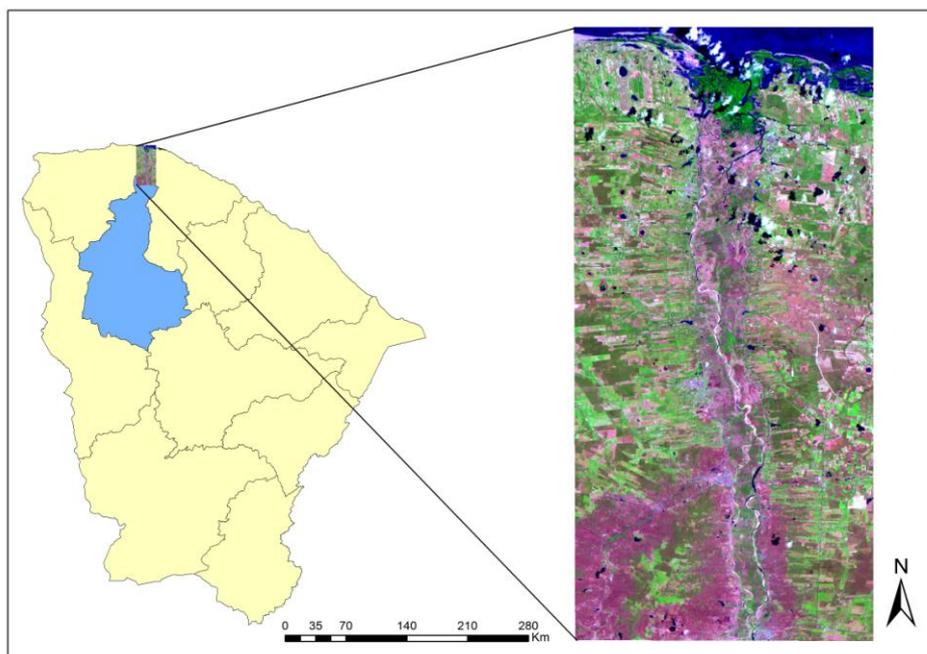


Figura 1. Representação do Estado do Ceará com destaque para a Bacia do Rio Acaraú e para a área de estudo.

Perímetro Irrigado Baixo Acaraú

O Perímetro Irrigado Baixo-Acaraú está localizado na região norte do Estado do Ceará, no trecho final da bacia do Rio Acaraú, abrangendo áreas dos municípios de Acaraú, Bela Cruz e Marco. A distância rodoviária do Perímetro Irrigado Baixo-Acaraú a Fortaleza é de 220 km. A implantação do perímetro irrigado foi iniciada em 1983, enquanto os serviços de administração, operação e manutenção da infraestrutura de uso comum, tiveram início no ano de 2001 (DNOCS, 2009). A área desapropriada e irrigável corresponde a 12.407 ha, a área já implantada é de 8.816,61

ha e a ainda restam, segundo o DNOCS (2009), 3.590,40 ha a serem irrigados. Portanto, as áreas mais antigas estão sendo cultivadas com uso de irrigação há quase uma década.

A região do Perímetro Irrigado Baixo-Acaraú apresenta clima tipo Aw Tropical Chuvoso, precipitação média anual 900 mm e temperatura média anual 28,1°C. O relevo apresenta inclinação razoavelmente suave, porém, com forte declividade longitudinal. Os solos, em geral, são profundos, bem drenados, de textura média/leve e muito permeáveis (DNOCS, 2009).

MATERIAL E MÉTODOS

Mapeamento e dinâmica do uso e cobertura das terras

O trabalho foi executado em duas etapas principais. A primeira refere-se à elaboração dos mapas de uso e cobertura das terras de dois períodos, uma do ano de 1999, próximo ao início da implantação do projeto de irrigação, e outra 8 anos depois, ou seja do ano 2008. A segunda etapa originou-se com o cruzamento numérico e espacial dos mapas resultantes e a análise da dinâmica de uso e cobertura das terras.

O mapa de uso e cobertura das terras foi obtido inicialmente para o ano de 2008. A primeira parte do trabalho consistiu na fundamentação teórica e obtenção dos dados através de bibliografia, cartografia e imagens de satélite. Foram utilizadas, para as duas datas, imagens do satélite LANDSAT 5 ETM, órbita 218, ponto 62, composição colorida nas bandas 5(R), 4(G), 3(B), resolução espacial 30 m e projeção UTM, Fuso 24, Datum Córrego Alegre (formato .img). Em seguida, foi definida a escala de tratamento dos dados e, quando necessário, foi realizado o processamento das imagens através da correção geométrica e manipulação de contrastes.

Posteriormente foi feito o recorte e interpretação das imagens para dar início ao mapeamento do uso e cobertura das terras da região do Baixo Acaraú.

As classes de uso e cobertura das terras foram obtidas a partir da classificação automática das imagens orbitais, através do método de classificação supervisionada por

máxima verossimilhança, seguida por inspeção e correção dos resultados. Para a classificação das imagens foi tomado como base a interpretação de ortofotos (fotografias aéreas), visitas a campo e interpretação visual das imagens orbitais em diferentes épocas do ano.

Para realizar a classificação supervisionada por máxima verossimilhança é necessário a definição de um conjunto de amostras de treinamento para cada classe a ser diferenciada na imagem classificada. Essa técnica de classificação assume que essas classes têm distribuições de probabilidade normal. São feitas amostras de treinamento através de polígonos, em que este marca uma região da imagem pertencente a uma determinada classe. Em seguida, é estimada para cada classe de uso, de acordo com as amostras de treinamento, uma função de probabilidade normal, a qual descreve a probabilidade de se encontrar um pixel de uma determinada classe em uma determinada posição. Posteriormente, uma regra de decisão é definida e cada pixel avaliado. Com isso, um pixel pertencerá à classe com maior função de distribuição de probabilidade (Criscuolo et al., 2005).

As amostras de treinamento foram delimitadas em campo, com o auxílio de imagem de satélite. Foram utilizadas, ainda, ortofotos e técnicas para a identificação da classe de uso e cobertura atribuída a cada amostra. A imagem resultante da classificação foi vetorizada em formato shapefile. Através desse processo cada agrupamento de pixels da

imagem que representa uma mesma classe de uso e cobertura é delimitado por um polígono. A cada polígono associam-se seus atributos como a classe a que pertence e sua área.

Foi delimitado um total de 16 classes de uso e cobertura das terras da região do Baixo Acaraú, que são: corpos d'água, nuvens, canal de irrigação, agricultura irrigada, solo exposto, em urbanização, zona urbana, carnaúba com vegetação riparia associada, vegetação de mangue, vegetação mista, campo sujo, vegetação arbóreo-arbustiva, agricultura tradicional, caducifólia seca com carnaúba, coqueiral e carnicultura. Estas classes serão descritas mais a frente.

Concluída a versão preliminar do mapa de uso e cobertura das terras para o ano de 2008, foi realizado um trabalho de campo para verificação dos limites cartográficos e edição final da legenda. Toda a área de estudo foi percorrida via terrestre, verificando a precisão do mapeamento, conforme a escala de trabalho definida previamente. Após a verificação de campo, os mapas de uso e cobertura das terras foram revistos e corrigidos, visando a representação mais próxima das feições verificadas em campo e dos padrões observados na imagem, bem como para identificar os padrões visuais de cor, forma e textura para cada classe, permitindo estender a inspeção visual da classificação para áreas não visitadas e desprovidas de fotografias aéreas. Ao mesmo tempo foi realizada a edição dos polígonos delimitadores de cada classe e feita a alteração dos limites ou atributos dos mesmos, quando necessário.

Para a geração do mapa de uso e cobertura das terras do ano 1999 foi realizada uma sobreposição dos vetores gerados na primeira interpretação (2008) na segunda imagem para a geração dos novos polígonos correspondentes à situação em 1999. A imagem referente a esse ano apresentava-se com muitas nuvens, porém era a melhor imagem do referido ano. Dessa forma, foi utilizada uma imagem do satélite LANDSAT 7 ETM+ do ano de 2001 para suprir a avaliação das áreas recobertas por nuvens no ano 1999. Como as áreas recobertas por nuvens não estavam inseridas na região do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, não teve prejuízos no mapeamento da dinâmica de uso e cobertura nessas áreas.

O mapeamento do uso e cobertura das terras em 1999 e 2008 possibilitou a caracterização da dinâmica espaço-temporal do processo a partir do cruzamento digital dos planos de informações. O método envolveu a elaboração de uma matriz de transição que caracteriza as principais alterações ocorridas na região, indicando, por exemplo, a expansão da agricultura irrigada, de áreas urbanas, desmatamento de vegetação nativa, conversão de pastagens ou agricultura de sequeiro para agricultura irrigada, e demais mudanças no uso das terras. Um exemplo das feições de cada classe de uso delimitadas na classificação para o mapeamento de uso e cobertura das terras da região do Baixo Acaraú é apresentada na Figura 2.

Acurácia do mapa de uso e cobertura das terras

O mapeamento do uso e cobertura das terras necessita ser utilizado com exatidão quando se deseja que as informações obtidas neles sejam utilizadas adequadamente. Dessa forma, é de suma importância o uso de parâmetros que possibilitem a quantificação da exatidão.

A literatura dispõe de uma gama de parâmetros de acurácia, porém um dos mais utilizados e eficientes na determinação da exatidão é o índice Kappa, que é obtido através da adoção de uma referência para a comparação dos mapeamentos produzidos. Neste caso, utilizam-se matrizes de confusão ou matrizes de erro para analisar a exatidão dos mapeamentos, sendo posteriormente calculado o índice Kappa de concordância (Congalton & Green, 1993).

Uma matriz quadrada de números que expressam a quantidade de unidades amostrais, associadas a uma dada categoria durante o processo de classificação efetuado, e a categoria real a que pertencem essas unidades é chamada de matriz de erro ou matriz de confusão (Rosenfield & Fitzpatrick-Lins, 1986).

Para a obtenção da matriz de confusão e do índice Kappa, foram analisados 264 pontos amostrais dentro do limite da área de trabalho, os quais correspondem aos pontos de controle da classificação para o mapeamento do uso e cobertura das terras. Com a classificação do uso e cobertura das terras do Baixo Acaraú pronta,

foi feita a checagem das categorias de uso das terras pertencentes a cada ponto amostral, para avaliar se cada amostra dessa foi classificada corretamente, de acordo com a verdade de

campo. Com isso, procedeu-se a montagem da matriz de confusão para o cálculo do índice Kappa.

O índice Kappa, é calculado segundo a Equação 1 (Bishop et al., 1975):

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}$$

[1]

Onde: K = Índice Kappa de concordância; N = Número de observações (pontos amostrais); r = Número de linhas da matriz de erro; X_{ii} = Observações na linha i e coluna i; X_{i+} = Total marginal da linha i; X_{+i} = Total marginal da coluna i.

De acordo com a qualidade da classificação realizada, o índice Kappa pode

variar de -1 a 1, conforme mostra a Tabela 1. Rosenfield & Fitzpatrick-Lins (1986) também associam os valores obtidos para este coeficiente a qualidade da classificação, assim como nos estudos realizados por Ferreira et al. (2007).

Tabela 1 - Qualidade do mapeamento temático associada aos valores da estatística Kappa.

VALOR DE KAPPA	QUALIDADE DO MAPA
< 0,00	Péssima
0,00 – 0,20	Ruim
0,20 – 0,40	Razoável
0,40 – 0,60	Boa
0,60 – 0,80	Muito boa
0,80 – 1,00	Excelente



Figura 2. Recortes de padrões interpretados nos mosaicos de imagens TM 5 do satélite LANDSAT - 2008 utilizados no mapeamento do uso e cobertura das terras da Região do Baixo Acaraú.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mapeamento do uso e cobertura das terras

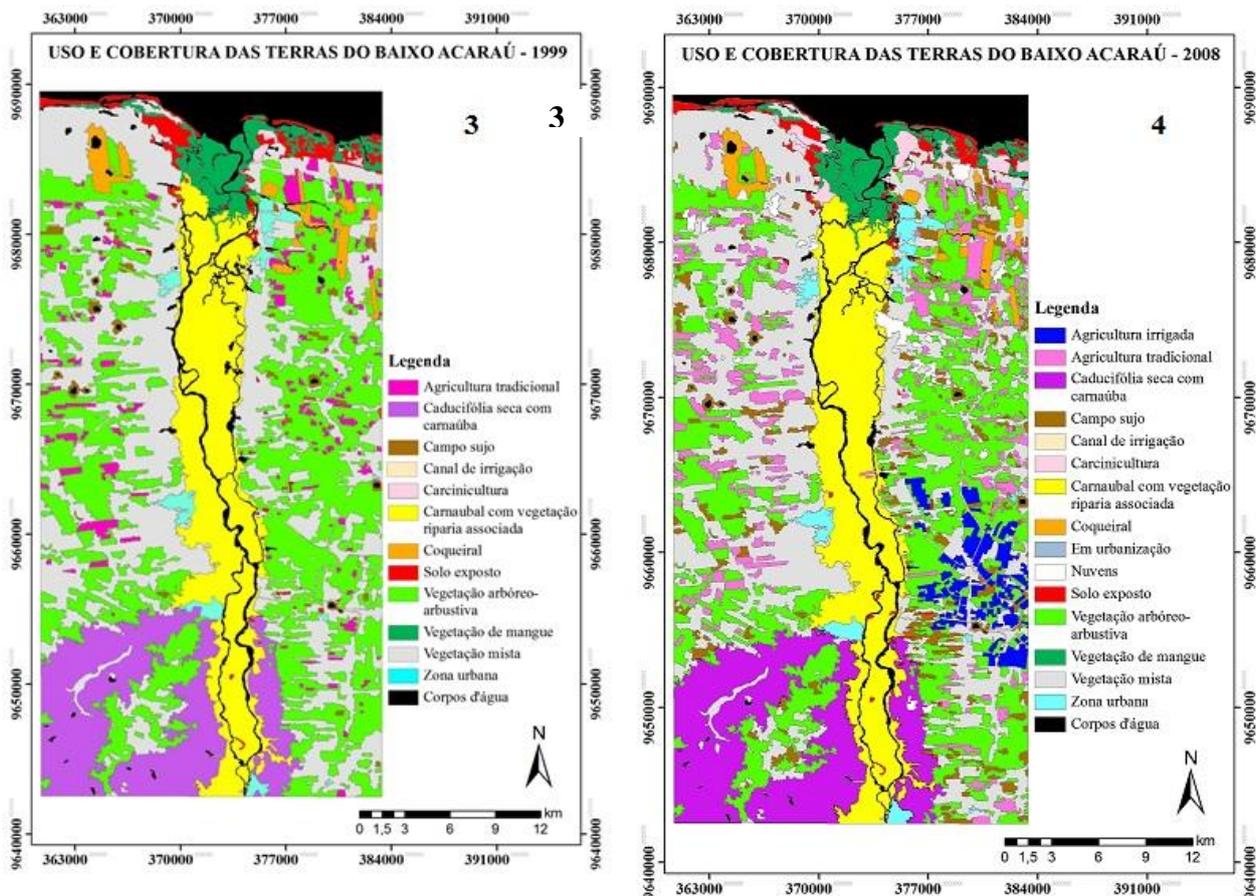
A partir da classificação das imagens digitais LANDSAT5-TM dos anos de 1999 e 2008, foram estabelecidas 16 classes de uso e cobertura da terra, como apresentado na Tabela 2. Através do emprego de geotecnologias e imagens orbitais foi possível a geração das classes de uso e cobertura das terras em 1999 e

2008, o que possibilitou não apenas a quantificação das classes mapeadas nas respectivas datas, mas também a identificação dos processos de alteração da paisagem. Os mapas de uso e ocupação das terras do Baixo Acaraú referentes aos dois anos citados acima são apresentados nas Figuras 3 e 4.

Tabela 2 - Descrição das classes de uso e cobertura das terras definidas para a área de estudo.

CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA	DESCRIÇÃO
Em urbanização	Correspondem às áreas onde estão sendo preparadas para serem urbanizadas, representadas principalmente pelos loteamentos.
Canal de irrigação	Compreende a área dos reservatórios destinados à transposição da água para irrigação dentro do Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú.
Nuvens	Corresponde às áreas na imagem que ficaram cobertas por nuvens e por sombras de nuvens.
Agricultura irrigada	São áreas dentro do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, que foram desmatadas para o plantio irrigado ou que já estão com plantio de culturas anuais e/ou perenes.
Solo exposto	Esta classe corresponde às áreas em que toda a cobertura vegetal do solo foi removida, principalmente pelo uso antrópico.
Zona urbana	São áreas em que a vegetação natural foi modificada pelo homem, para diversos usos, principalmente construção e edificação.
Carnaubal com vegetação ripária associada	Representam as áreas com predomínio de carnaúbas, associadas a uma vegetação que ocorre nas margens do Rio Acaraú.
Vegetação de mangue	Compreende a área próxima ao litoral com o predomínio de manguezais. Essas áreas possuem vegetação arbórea composta por espécies que são típicas para estes locais. As espécies vegetais de maior ocorrência observadas na área foram <i>Rhizophora mangle</i> (mangue-vermelho), <i>Avicennia schaueriana</i> (mangue negro) e <i>Laguncularia racemosa</i> , (mangue-branco).
Campo sujo	Correspondem às áreas com presença de gramíneas, além de outras espécies de vegetação herbácea e, ainda, proporções variadas de alguns arbustos, com predominância de vegetação secundária.
Vegetação arbóreo-arbustiva	Representam as áreas em que permanece a vegetação nativa do local, ou seja, são áreas em que não houve modificação antrópica.
Vegetação mista	Esta classe corresponde às áreas em que se encontra uma composição mista de vários tipos de vegetação em pequenas áreas, como cajueiro em vários estádios de desenvolvimento, culturas anuais e perenes, vegetação nativa, vegetação ciliar, agricultura de subsistência e coco.
Agricultura tradicional	Referente às áreas destinadas a pequenos agricultores e agricultura familiar, com culturas anuais e perenes que não sejam irrigadas.
Coqueiral	Compreende as áreas com grandes plantios de coqueiros.

Caducifolia seca com carnaúba	Compreende as áreas com predominância de vegetação caducifolia seca, mas que apresentam em menor proporção carnaúbas.
Carcinicultura	Esta classe compreende as áreas que foram modificadas pelo homem para a construção de tanques para criação de camarão.
Corpos d'água	Compreende os principais cursos d'água, tais como rios, represas, açudes ou lagoas.



Figuras 3 e 4. Mapa de uso e cobertura das terras para os anos de 1999 e 2008 da região do Baixo Acaraú.

A classificação do uso e cobertura das terras na região do Baixo Acaraú permitiu o conhecimento melhor da área de estudo e mostrou sua evolução ao longo desses 8 anos. Nascimento et al. (2008) relatam que os efeitos ambientais, traduzidos por problemas de degradação dos recursos naturais, sobretudo os renováveis, usualmente são produzidos pela organização do espaço, no que diz respeito ao uso e ocupação da terra, o que gera impactos socioambientais das mais variadas etiologias.

Um exemplo disso é a diminuição da qualidade ambiental, que mostra relação direta com o grau de conservação da vegetação. Os principais problemas de degradação ambiental observados na área de estudo foram o desmatamento para incorporação de terras para agricultura, desenvolvimento da carcinicultura e o crescimento desordenado da urbanização.

Acurácia do mapa de uso e cobertura das terras

Foi realizado o estudo da acurácia do mapa de uso e cobertura das terras da região do Baixo Acaraú através do Índice Kappa, que segundo Mangabeira et al. (2003), este índice funciona como medida de precisão para a categoria individual do levantamento do uso das terras, o qual indica as áreas em que o interpretador pode estar errando e, com isso, as

decisões tomadas sobre esta classificação podem ser ponderadas por esta incerteza.

A partir da matriz de confusão do Quadro 1, foi calculado o Coeficiente Kappa para a verificação da acurácia do mapa de uso e cobertura das terras. Em relação à acurácia da classificação trazida através da matriz do erro, encontrou-se um valor de 0,8128, que, conforme Rosenfield & Fitzpatrick-Lins (1986) é considerada muito boa.

Quadro 1 - Matriz de confusão entre a referência terrestre e a interpretação visual da classificação do mapa de uso e cobertura das terras da região do Baixo Acaraú.

INTERPRETAÇÃO VISUAL	REFERÊNCIA TERRESTRE																TOTAL	ERRO DE INCLUSÃO
	Em urb.	C. irrig.	Água	Nuv.	Ag. Irrig.	S. exp.	Z. urb.	Carn.	V. mang.	V. mista	C. sujo	V. arb.	Ag. trad.	Coq.	Cad. seca	Carc.		
Em urb.	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,0000
C. irrig.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0000
Água	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0,0000
Nuv.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0000
Ag. Irrig.	0	0	0	0	34	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	37	0,0811
S. exp.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0000
Z. urb.	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0,0000
Carn.	0	0	0	0	0	0	0	30	0	5	0	0	0	0	1	0	36	0,1667
V. mang.	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0,0000
V. mista	0	0	0	0	1	0	4	2	0	55	0	8	1	2	0	0	73	0,2466
C. sujo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	1	0	0	0	0	10	0,2000
V. arb.	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	40	0	1	0	0	44	0,0909
Ag. trad.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	4	0	0	0	9	0,5556
Coq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	10	0	0	11	0,0909
Cad. seca	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	13	0	16	0,1875
Carc.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0,0000
TOTAL	2	0	13	0	37	1	11	33	2	66	12	52	5	13	14	3	264	-
ERRO DE OMISSÃO	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0811	0,0000	0,3636	0,0909	0,0000	0,1667	0,3333	0,2308	0,2000	0,2308	0,0714	0,0000	-	-

Abreviaturas: **Em urb.:** Em urbanização; **C. irrig.:** Canal de irrigação; **C. sujo:** Campo sujo; **Z. urb.:** Zona urbana; **S. exp.:** Solo exposto; **Carn.:** Carnaubal com vegetação riparia associada; **Cad. seca.:** Caducifolia seca com carnaúba; **Nuv.:** Nuvens; **V. mang.:** Vegetação de mangue; **V. arb.:** Vegetação arbóreo-arbustiva; **Coq.:** Coqueiral; **Ag. trad.:** Agricultura tradicional; **Ag. irrig.:** Agricultura irrigada; **Água:** Corpos d'água; **V. mista:** Vegetação mista; **Carc.:** Carcinicultura.

Dinâmica de uso e cobertura das terras nos anos de 1999 e 2008

A partir da interseção por geoprocessamento dos mapas de uso e cobertura das terras obtidos para cada período foi possível gerar um mapa (Figura 5) e analisar a dinâmica no uso e cobertura das terras para os anos de 1999 e 2008.

A partir do mapa (Figura 5) e da matriz da dinâmica de uso (Quadros 2 e 3) foram

identificados os processos mais significativos de transformação da paisagem que ocorreram durante esses 8 anos na região do Baixo Acaraú, conforme também observado por Batistella et al. (2002) em estudo na Região Oeste da Bahia. Além da interpretação dos processos de mudança da área de cada classe, as matrizes de dinâmica indicam a causa dessas mudanças (Well et al., 2006).

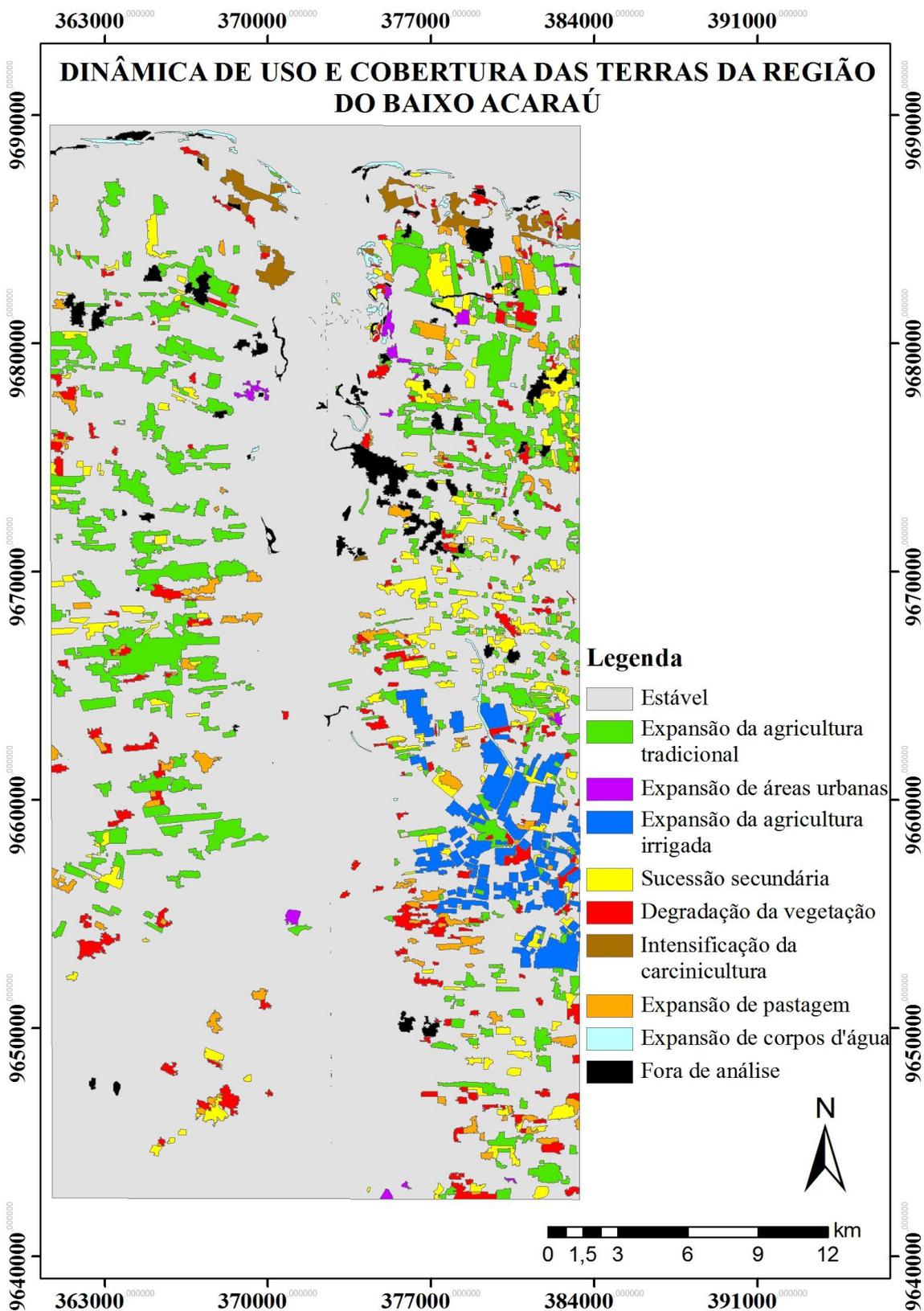


Figura 5. Mapa da dinâmica de uso e cobertura das terras da região do Baixo Acaraú, referente aos anos de 1999 a 2008.

A partir dos processos de mudança na paisagem, foram elaboradas as classes da legenda descrita a seguir:

- **Estável:** referente a todas as áreas em que não ocorreram mudanças em relação ao tipo de uso e cobertura das terras no período de 1999 para 2008.

- **Expansão da agricultura tradicional:** refere-se às áreas onde ocorreu conversão para agricultura de subsistência ou familiar, em suas várias modalidades.

- **Expansão de áreas urbanas:** correspondem as áreas que possuía algum tipo de uso e passaram a ser urbanizadas.

- **Sucessão secundária:** são áreas que tinham, em 1999, predomínio de uso agrícola, com indicador de abandono de cultivo, e em 2008 a vegetação estava em processo de regeneração.

- **Degradação da vegetação:** áreas que tinham vegetação natural, e no decorrer desses 8 anos essa vegetação foi removida, favorecendo o aparecimento de campo sujo ou solo exposto em 2008.

- **Intensificação da carcinicultura:** corresponde às áreas onde foram construídos tanques para a criação de camarão.

- **Expansão de pastagem:** referente às áreas que apresentavam algum tipo de agricultura e foram abandonadas, com formação de pastagem.

- **Expansão de corpos d'água:** são as áreas onde ocorreu mudança no curso do Rio Acaraú ou onde foram construídos açudes, barragens ou represas no período analisado.

- **Expansão da agricultura irrigada:** refere-se às áreas onde ocorreu conversão para agricultura com uso de irrigação, em suas várias modalidades.

Do ponto de vista de uso e ocupação das terras, a região do Baixo Acaraú tem um suporte importante no setor primário da economia através de uma participação expressiva na formação da renda ou por representar a principal parcela do emprego regional. Ao longo dos anos esta situação não tem mudado. Parte das formações vegetais naturais acha-se muito modificadas pela interferência antrópica, ocorrendo nas áreas de carnaubal com vegetação riparia associada, caducifolia seca com carnaúba, vegetação de

mangue e vegetação arbóreo-arbustiva (Quadros 2 e 3).

A partir de observações feitas e como mostra a Figura 5, a área dos sertões é o domínio do agroextrativismo e da pequena lavoura de subsistência. Esse complexo representa o mais importante sistema de produção da região estudada, o que está de acordo com Souza et al. (2005), que aborda sobre o contexto geoambiental das bacias hidrográficas dos Rios Acaraú, Curu e Baixo Jaguaribe.

A Tabela 3 apresenta, de forma sucinta, as áreas totais de cada classe da dinâmica de uso e cobertura das terras da região do Baixo Acaraú. A partir desta é possível observar que a maior parte da região estudada se manteve estável no decorrer desses 8 anos (mais de 79% da área total), não apresentando grandes alterações no padrão de uso e cobertura das terras no período estudado.

Quadro 2 - Dinâmica de uso e cobertura das terras na região do Baixo Acaraú, em km².

USO E COBERTURA DO SOLO		Área em 2008 (km ²)																
		Em urb.	C. irrig.	C. sujo	Z. urb.	S. exp.	Carn.	Cad. seca	Nuv.	V. Mang.	V. arb.	Coq.	Ag. trad.	Ag. irrig.	Água	V. mista	Carc.	Total
Área em 1999 (km ²)	C. irrig.	0,000	1,917	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,917
	C. sujo	0,000	0,000	4,385	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	2,030	0,000	0,486	0,211	0,000	1,151	0,000	8,266
	Z. urb.	0,000	0,000	0,000	13,280	0,030	0,004	0,000	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	13,369
	S. exp.	0,000	0,000	0,000	0,025	10,951	0,019	0,000	0,000	0,276	0,015	0,000	0,000	0,043	2,326	0,252	4,807	18,713
	Carn.	0,000	0,000	0,557	0,004	0,463	134,567	0,0003	0,461	0,094	0,001	0,000	0,309	0,000	0,254	0,185	1,120	138,016
	Cad. seca	0,000	0,000	0,000	0,557	0,000	0,0003	110,131	0,645	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	111,333
	V. mang.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,830	0,001	0,000	0,000	25,210	0,0001	0,000	0,00002	0,000	0,513	0,040	0,605	27,200
	V. arb.	0,000	0,569	20,269	0,282	0,630	0,000	0,160	3,326	0,001	208,763	2,136	36,886	19,139	0,049	24,495	0,000	316,705
	Coq.	0,323	0,000	0,698	0,000	0,000	0,000	0,000	0,484	0,000	2,298	11,259	1,231	0,000	0,025	0,928	0,000	17,245
	Ag. trad.	0,000	0,000	2,257	0,000	0,000	0,000	0,000	0,951	0,000	8,193	0,337	12,294	0,828	0,00003	5,033	0,000	29,892
	Água	0,000	0,000	0,024	0,058	1,377	1,846	0,000	0,113	0,330	0,244	0,000	0,058	0,000	62,721	0,255	0,146	67,173
	V. mista	0,000	0,000	14,642	1,419	1,104	0,000	0,000	7,317	0,000	17,101	0,578	17,315	5,024	0,141	250,165	0,596	315,402
	Carc.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,034	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	1,954	1,989
	Total	0,323	2,485	42,831	15,624	15,419	136,437	110,292	13,350	25,912	238,645	14,310	68,580	25,245	66,029	282,508	9,228	1067,218

Abreviaturas: **Em urb.:** Em urbanização; **C. irrig.:** Canal de irrigação; **C. sujo:** Campo sujo; **Z. urb.:** Zona urbana; **S. exp.:** Solo exposto; **Carn.:** Carnaubal com vegetação riparia associada; **Cad. seca.:** Caducifolia seca com carnaúba; **Nuv.:** Nuvens; **V. mang.:** Vegetação de mangue; **V. arb.:** Vegetação arbóreo-arbustiva; **Coq.:** Coqueiral; **Ag. trad.:** Agricultura tradicional; **Ag. irrig.:** Agricultura irrigada; **Água:** Corpos d'água; **V. mista:** Vegetação mista; **Carc.:** Carcinicultura.

LEGENDA	
	Estável
	Expansão da agricultura tradicional
	Expansão de áreas urbanas
	Expansão da agricultura irrigada
	Sucessão secundária
	Degradação da vegetação
	Intensificação da carcinicultura
	Expansão de pastagem
	Expansão de corpos d'água

Quadro 3 - Dinâmica de uso e cobertura das terras na região do Baixo Acaraú, em %.

USO E COBERTURA DO SOLO		Área em 2008 (%)																
		Em urb.	C. irrig.	C. sujo	Z. urb.	S. exp.	Carn.	Cad. seca	Nuv.	V. mang.	V. arb.	Coq.	Ag. trad.	Ag. irrig.	Água	V. mista	Carc.	Total
Área em 1999 (%)	C. irrig.	0,00	77,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18
	C. sujo	0,00	0,00	10,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,85	0,00	0,71	0,83	0,00	0,41	0,00	0,77
	Z. urb.	0,00	0,00	0,00	85,00	0,20	0,003	0,00	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002	0,00	1,25
	S. exp.	0,00	0,00	0,00	0,16	71,02	0,01	0,00	0,00	1,07	0,01	0,00	0,00	0,17	3,52	0,09	52,09	1,75
	Carn.	0,00	0,00	1,30	0,02	3,00	98,63	0,0003	3,45	0,36	0,0004	0,00	0,45	0,00	0,38	0,07	12,14	12,93
	Cad. seca	0,00	0,00	0,00	3,56	0,00	0,0002	99,85	4,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,43
	V. mang.	0,00	0,00	0,00	0,00	5,39	0,001	0,00	0,00	97,29	0,00005	0,00	0,00002	0,00	0,78	0,01	6,55	2,55
	V. arb.	0,00	22,88	47,32	1,81	4,08	0,00	0,15	24,91	0,003	87,48	14,93	53,79	75,81	0,07	8,67	0,00	29,68
	Coq.	100,00	0,00	1,63	0,00	0,00	0,00	0,00	3,62	0,00	0,96	78,68	1,79	0,00	0,04	0,33	0,00	1,62
	Ag. trad.	0,00	0,00	5,27	0,00	0,00	0,00	0,00	7,12	0,00	3,43	2,35	17,93	3,28	0,00004	1,78	0,00	2,80
	Água	0,00	0,00	0,06	0,37	8,93	1,35	0,00	0,85	1,27	0,10	0,00	0,09	0,00	94,99	0,09	1,58	6,29
	V. mista	0,00	0,00	34,19	9,08	7,16	0,00	0,00	54,81	0,00	7,17	4,04	25,25	19,90	0,21	88,55	6,46	29,55
	Carc.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0003	21,18	0,19
	Total	0,03	0,23	4,01	1,46	1,44	12,78	10,33	1,25	2,43	22,36	1,34	6,43	2,37	6,19	26,47	0,86	100

Abreviaturas: **Em urb.:** Em urbanização; **C. irrig.:** Canal de irrigação; **C. sujo:** Campo sujo; **Z. urb.:** Zona urbana; **S. exp.:** Solo exposto; **Carn.:** Carnaubal com vegetação riparia associada; **Cad. seca.:** Caducifolia seca com carnaúba; **Nuv.:** Nuvens; **V. mang.:** Vegetação de mangue; **V. arb.:** Vegetação arbóreo-arbustiva; **Coq.:** Coqueiral; **Ag. trad.:** Agricultura tradicional; **Ag. irrig.:** Agricultura irrigada; **Água:** Corpos d'água; **V. mista:** Vegetação mista; **Carc.:** Carcinicultura.

LEGENDA	
	Estável
	Expansão da agricultura tradicional
	Expansão de áreas urbanas
	Expansão da agricultura irrigada
	Sucessão secundária
	Degradação da vegetação
	Intensificação da carcinicultura
	Expansão de pastagem
	Expansão de corpos d'água

Tabela 3 - Área e frequência relativa das classes de dinâmica de uso e cobertura das terras do Baixo Acaraú.

CLASSES	ÁREA (km ²)	FREQUÊNCIA RELATIVA (%)
Estável	847,60	79,42
Expansão da agricultura tradicional	91,37	8,56
Expansão de áreas urbanas	2,61	0,24
Expansão da agricultura irrigada	25,24	2,37
Sucessão secundária	30,19	2,83
Degradação da vegetação	23,89	2,24
Intensificação da carcinicultura	7,13	0,67
Expansão de pastagem	17,60	1,65
Expansão de corpos d'água	3,88	0,36
Áreas fora de análise	17,72	1,66
TOTAL	1067,22	100,00

Áreas com alterações na paisagem

201,87 km²

O uso que mais teve expansão foi agricultura tradicional, apresentando uma expansão de, aproximadamente, 91 km², ou seja, quase 9% da área total (Tabela 3). O que pode ser explicado pelo fato que a maioria das propriedades rurais da região pertence a pequenos proprietários, que possuem pequena parte das terras (Araújo & Freire, 2007b). Segundo estes autores e como foi observado nesse estudo, a agricultura comercial da região é representada pelo cultivo de coco e cultivos de fruticulturas diversificadas, em que esta última destina-se a abastecer o mercado externo e local. Vale salientar que na agricultura de subsistência ainda se conservam as influências nativas, como as roças de milho, mandioca, abóbora, feijão e macaxeira, geralmente para seu consumo, com baixos rendimentos, e pouca entrada no circuito de comercialização.

As áreas com presença de sucessão secundária representam a segunda classe de maior mudança na região, em termos de área, a qual ocupa aproximadamente 30 km² (2,83% da área total). Essas áreas podem ser caracterizadas pelo abandono de áreas que em 1999 eram ocupadas com agricultura tradicional ou vegetação mista, por exemplo, e em 2008 passaram a ser ocupadas por vegetação arbóreo-arbustiva em diferentes estádios de desenvolvimento, conforme pode ser observado nos Quadros 2 e 3.

A expansão da agricultura irrigada na região foi superior a 25 km², o que corresponde a 2,37% da área total. Nesse tocante é importante salientar que em 1999 o projeto do Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú ainda não estava em execução, pois a sua implantação foi iniciada em 1983, porém os serviços de administração e operação tiveram início somente em 2001. Esse fato explica a inexistência de agricultura irrigada em 1999 e a sua expansão em 2008. Essa classe é representada, principalmente, pela conversão de áreas com vegetação arbóreo-arbustiva e vegetação mista em 1999 para áreas com plantio irrigado em 2008, as quais correspondem, em termos de porcentagem de área ocupada, a 75,81% e 19,9%, respectivamente (Quadro 2). Essa expansão tem sido de grande importância para o desenvolvimento socioeconômico da região, em concordância Lima et al. (2009), relata que o Perímetro Irrigado Baixo Acaraú destaca-se como materialização da agricultura moderna, feixe representativo da atual reestruturação socioespacial do estado. Segundo Leite et al. (2009) o Perímetro Irrigado Baixo Acaraú possui uma alta tecnologia para produção e pós-colheita. Porém o que se observa em termos de sustentabilidade do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú é que falta conhecimento e uso de técnicas corretas de produção agrícola para a maioria dos agricultores do Perímetro Irrigado

(Lopes et al., 2009). Um exemplo disso é observado em estudo por Carneiro Neto (2005), que relata a existência da prática de queimar a vegetação sobre a área de cultivo. Outro exemplo é a falta de uso dos equipamentos de proteção individual, como observado por Lacerda & Oliveira (2007).

A classe de degradação da vegetação aparece em quase 24 km² da área estudada, o que corresponde a 2,24% da área total. Segundo Araújo & Freire (2007c), um reduzido setor dos latifundiários ligados à produção de cultivos diversificados, nos últimos anos tem utilizando técnicas mais inovadoras, porém sem nenhuma preocupação com o uso do solo, o que pode estar contribuindo com parte dessa degradação da vegetação. Outro fator que tem ajudado na degradação da vegetação da área de estudo é a substituição de mata ciliar de carnaúba por pastagens e modelos produtivos de agroecossistema (Diniz et al., 2008), e, ainda, o extrativismo vegetal da carnaúba (Araújo & Freire, 2007c).

As áreas de expansão de pastagens ocupam cerca de 17 km², o que corresponde a 1,65% da área total. Esse processo ocorreu com mais intensidade em áreas que tinham vegetação nativa em 1999 e passaram a campo sujo em 2008, essa área convertida apresenta-se em pouco mais de 34 km² da área total (Quadro

3). Essas áreas podem ser um reflexo da agricultura de subsistência e itinerante, as quais tem pouco investimento de capital e baixo nível tecnológico produzindo muitos e expressivos efeitos ambientais perceptíveis na paisagem, como, por exemplo, a formação dessas áreas de pastagens. Esses processos ocasionam baixa produção e produtividade da agricultura, e, ainda, o surgimento de espécies invasoras e degradação ambiental (Souza et al., 2005).

A intensificação da carcinicultura foi superior a 7,13 km² (ou cerca de 0,67% da área total mapeada). Em linhas gerais a intensificação da carcinicultura teve pouca expressão em termos de área total mapeada, porém sabe-se que para o município de Acaraú esta é uma atividade de grande importância, pois segundo Araújo et al. (2007), a carcinicultura é um dos setores mais prósperos do município, levando esta a ser a atividade comercial de maior importância, sendo representada pela cultura de camarão e peixes em viveiros.

As áreas com expansão de corpos d'água e de áreas urbanas são as menos expressivas, ocupando, respectivamente, 3,88 e 2,61 km² (0,36% e 0,24% da área total mapeada), a soma dessas duas classes de dinâmica não chega nem a 1% da área estudada.

CONCLUSÕES

As principais classes de uso e cobertura identificadas na região foram vegetação mista, vegetação arbóreo-arbustiva e carnaubal com vegetação riparia associada, ocorrendo um decréscimo em termos de área no intervalo de tempo estudado. A redução dessas áreas ocorreu devido à implantação do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, em que muitas áreas de vegetação arbóreo-arbustiva e vegetação mista foram convertidas em agricultura irrigada. A dinâmica temporal de uso e cobertura das terras mostrou que a maior parte da região estudada manteve certa estabilidade nos padrões de uso e cobertura das terras durante esses 8 anos. Entretanto, parte dessa região destacou-se com transformação das paisagens devido a incorporação de novas tecnologias e a substituições de áreas entre as várias categorias de uso e cobertura, o que se deve

principalmente a expansão da agricultura irrigada e da carcinicultura.

Para a interpretação da evolução espaço-temporal do uso e cobertura das terras do Baixo Acaraú, a metodologia utilizada para o cruzamento multitemporal apresentou-se com grande eficiência, pois se mostrou capaz de abranger com detalhes um mosaico geoambiental complexo, como o observado na área de estudo. É importante ressaltar essa técnica de cruzamento, pela riqueza e relevância das informações geradas, já que possibilitou a obtenção de informações acuradas das mudanças do uso do solo entre as duas datas, em termos quantitativo e qualitativo da mudança. Os produtos apresentados no presente trabalho são úteis para a gestão da área de estudo.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio financeiro através da concessão da bolsa de estudo. Ao CNPq pelo financiamento do projeto Proc. 471433/2009 8 e bolsas PIBIC, a UFC pela bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAÚJO, M. V. & FREIRE, G. S. S. Utilização de SIG nos estudos ambientais do estuário do Rio Acaraú – Ceará. **Geonomos**, v. 15, n. 2, p. 09-19, 2007a.
2. ARAÚJO, M. V. & FREIRE, G. S. S. Análise dos impactos ambientais causados em estuários: estudo do Estuário do Rio Acaraú, Ceará – Brasil. **Camin. de Geog.**, v. 8, n. 24, p. 111-123, dez. 2007b.
3. ARAÚJO, M. V. & FREIRE, G. S. S. Utilização de Geotecnologias: Diagnóstico Ambiental do Estuário do Rio Acaraú, Ceará, Como Estudo de Caso. **Rev. Pesq. Geoc.**, v. 34, n. 2, p. 33-44, 2007c.
4. ARAÚJO, M. V.; FREIRE, G. S. S. & SANTOS, D. M. Uso de técnicas de sensoriamento remoto no diagnóstico ambiental do estuário do Rio Acaraú – Ceará – Brasil. **Est. Geogr.**, v. 5, n. 2, p. 58-72, 2007.
5. BATISTELLA, M.; GUIMARÃES, M.; MIRANDA, E. E.; VIEIRA, H. R.; VALLADARES, G. S. & MANGABEIRA, J. A. C. & ASSIS, M. C. **Monitoramento da Expansão Agropecuária na Região Oeste da Bahia**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2002. 39 p. (Documentos, 20)
6. BATISTELLA, M.; VALLADARES, G. S. & BOLFE, E. L. Monitoramento da expansão agropecuária como subsídio à gestão ambiental estratégica na Região Oeste da Bahia, Brasil. In: BATISTELLA, M. & MORAN, E. F. (Org.). **Geoinformação e monitoramento ambiental na América Latina**. São Paulo: Editora Senac, São Paulo, 2008. p. 163-196.
7. BISHOP, Y.; FIENBERG, S. & HOLLAND, P. *Discrete multivariate analysis: theory and practice*. Cambridge: MIT, 1975. 575 p.
8. CAMPOS, S.; GRANATO, M.; SOARES, M. C. E.; CAVASINI, R.; ARAÚJO, D. M.; MASHIKI, M. Y.; RUGGIERO, J. & PIZA, M. W. T. Geoprocessamento aplicado na espacialização das áreas de preservação permanente e áreas de conflitos na sub-bacia Ribeirão Hortelã. **Rev. Cient. Eletr. Agron.**, v. 17, n. 2, p. 59-69, dez. 2010.
9. CARNEIRO NETO, J. A. **Indicadores de sustentabilidade ambiental para os perímetros irrigados Ayres de Souza e Araras**. 2005. 119 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Irrigação e Drenagem), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.
10. COGERH. COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS. **A bacia hidrográfica do Acaraú**. Fortaleza, 2009. Disponível em: <<http://portal.cogerh.com.br/eixos-de-atuacao/gestao-participativa/comites-de-bacias/comite-da-baciahidrografica-do-acarau>>. Acesso em: 10 mai. 2009.
11. CONGALTON, R. G.; GREEN, K. A practical look at source of confusion in error matrix generation. *Photogram. Engin. and Rem. Sens.*, v. 59, n. 5, p. 641-644, 1993.
12. CRISCUOLO, C.; QUARTAROLI, C. F.; MIRANDA, E. E.; GUIMARÃES, M. & HOTT, M. C. **Dinâmica de Uso e Cobertura das Terras na Região Nordeste do Estado de São Paulo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. 65 p. (Documentos 45)
13. DINIZ, S. F.; MOREIRA, C. A. & CORRADINI, F. A. Susceptibilidade erosiva do baixo curso do Rio Acaraú-CE. **Geociências**, v. 27, n. 3, p. 355-367, jul./set. 2008.
14. DNOCS. Departamento Nacional de Obras contra as Secas. **Perímetro Irrigado Baixo-Acaraú**. Disponível em: <<http://www.dnocs.gov.br/php/canais/engenharia/>>. Acesso em: 26 abr. 2009.
15. FERNANDES, A. **Temas fitogeográficos**. Fortaleza: Stylus Comunicações, 116 p., 1990.
16. FERREIRA, E.; DANTAS, A. A. A. & MORAES, A. R. Exatidão na classificação de fragmentos de matas em imagem do satélite Cbers-CCD, no município de Lavras, MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 33., 2007, Florianópolis. **Resumos Expandidos...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 887-894.
17. IPECE. INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Ceará em Mapas**. Caracterização territorial: Meio Ambiente. Unidades Fitoecológicas. 2010. Disponível em: <<http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12/125x.htm>>. Acesso em: 05 fev. 2011.
18. KÖPPEN, W. & GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.
19. LACERDA, N. B. & OLIVEIRA, T. S. Agricultura irrigada e a qualidade de vida dos agricultores em perímetros do Estado do Ceará, Brasil. **Rev. Ci. Agron.**, v. 38, n. 2, p. 216-223, 2007.
20. LEAL, S. V. **Estudo da mudança no uso e cobertura do solo no município de Santarém**. 2005. 49 f. Monografia (Bacharel em Engenharia da Computação) - Instituto de Estudos Superiores da Amazônia, Belém, 2005.
21. LEITE, K. N.; VASCONCELOS, R. S.; CARVALHO, C. M.; COSTA, R. N., T.; CAMBOIM NETO, L. F. & MONTEIRO, R. N. F. Análise dos indicadores de sustentabilidade dos perímetros irrigados do Baixo Acaraú e Curu, localizados no estado do Ceará. **Agrarian**, v. 2, n. 6, p. 83-91, out./dez. 2009.
22. LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI J. R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: SBCS, 1991. 175 p.
23. LIMA, L. C.; FREITAS, B. C.; VASCONCELOS, T. S. L. & COSTA, C. R. R. **Reestruturação socioespacial em lugares subdesenvolvidos: caso do nordeste brasileiro**. In: ENCUENTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA - 12 EGAL, 2009, Caminando em

- una América Latina en transformación. Montevideo: Imprenta Gega. v. 1. p. 9-9. 2009.
24. LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M.; AQUINO, D. N.; LOBATO, F. A. O.; MENDONÇA, M. A. B. Indicadores de sustentabilidade do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará, empregando a análise multivariada. **Rev. Ci. Agron.**, v. 40, n. 1, p. 17-26, jan./mar. 2009.
 25. MANGABEIRA, J. A. C.; AZEVEDO, E. C. & LAMPARELLI, R. A. C. **Avaliação do levantamento do uso das terras por imagem de satélite de alta e média resolução espacial.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2003. 14 p. (Comunicado Técnico 11).
 26. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – Departamento Nacional da Produção Mineral. **Projeto Rio Acaraú. Mapa Geológico.** Brasília: DNPM, 1973. Escala: 1:250.000.
 27. MORAES, J; CARVALHO, J. P. & CARLSTROM, A. **Caracterização e evolução do uso das terras na sub-bacia Tietê-Cabeceiras.** APTA, Brazil, 2005. 11 p. (Informe de trabajo Negowat Brazil N° 10)
 28. NASCIMENTO, F. R.; CUNHA, S. B.; SOUZA, M. J. & CRUZ, M. L. B. Diagnóstico Geoambiental da bacia hidrográfica semiárida do Rio Acaraú: subsídios aos estudos sobre desertificação. **Bol. Goi. Geog.**, v. 28, n. 1, p. 41-62, Jan./jun., 2008.
 29. RODRÍGUEZ, A. C. M. **Mapeamento Multitemporal do uso e cobertura do solo do município de São Sebastião-SP, utilizando técnicas de segmentação e classificação de imagens TM-Landsat e HRV-SPOT.** 2000. 85 f. Monografia (Especialista em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, 2000.
 30. ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto.** 4. ed. Uberlândia: Editora da Universidade Federal de Uberlândia, 2001. 210 p.
 31. ROSENFELD, G. H. & FITZPATRICK, K. A coefficient of agreement as a measure of hematic classification accuracy. **Photogram. Engin. and Rem. Sens.**, v. 52, n. 2, p. 233-227. Feb. 1986.
 32. SAWAKUCHI, H. O. **Alteração no uso e cobertura do solo na bacia do médio rio Araguaia, Brasil central.** 2010. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) - Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP/ESALQ, Piracicaba, 2010.
 33. SOUZA, M. J. N.; ROSA, M. F.; FIGUEIREDO, M. C. B.; NASCIMENTO, F. R.; ARAÚJO, L. F. P.; SANTOS, J. O. & CORREIA, L. J. A. **Contexto geoambiental das bacias hidrográficas dos Rios Acaraú, Curu e Baixo Jaguaribe - Estado do Ceará.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2005. 52 p. (Documentos, 101)
 34. SUDEC/DNOCS. SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO CEARÁ / DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS. **Levantamento de reconhecimento dos solos de parte do Vale Acaraú.** Fortaleza: SUDEC, 1974. 183 p.
 35. TURNER II, B. L. & MEYER, W. B. **Changes in Land Use and Land Cover: A Global Perspective.** Cambridge: Cambridge University Press, 1994. 537 p.
 36. VALÉRIO FILHO, M. Técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicadas ao estudo integrado de bacias hidrográficas. In: PEREIRA, M. E.; FERREIRA, V. P.; CRUZ, M. C. P. **Solos altamente suscetíveis à erosão.** Jaboticabal, 1994, p. 223-242.
 37. WELL, S.; VALLADARES, G. S.; QUARTAROLI, C. F. & HOTT, M. C. **Avaliação de técnicas de**

classificação de imagens Landsat na detecção de alterações do uso e cobertura das terras do município de Campinas-SP. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2006. 28 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 5).