

ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, EM ÁREAS DE ATUAÇÃO DA INDÚSTRIA PETROLÍFERA, COM BASE EM PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA: MUNICÍPIO DE GUAMARÉ (RN)

Alfredo Marcelo GRIGIO¹
Venerando Eustáquio AMARO²
Marco Antonio DIODATO³
Helenice VITAL⁴

Resumo

Esse trabalho visa o mapeamento e interpretação da evolução do uso e ocupação do solo do Município de Guimarães (RN), tendo como base o uso de uma metodologia para a interpretação multitemporal, dentro de um ambiente SIG. Para a interpretação da evolução do uso do solo do Município, a metodologia utilizada para o cruzamento multitemporal verificou-se de grande eficiência. Foram considerados três anos: 1989, 1996 e 2001. O período de 1996 a 2001 foi o que verificou uma alteração mais significativa no uso e ocupação do solo. Além da conversão das salinas em tanques de carcinicultura, a maior transformação observada deve-se ao surgimento de assentamento em áreas de caatinga arbórea arbustiva fechada (313 ha). A dinâmica de retração e aumento das áreas de mangue parece ser mais influenciada por fatores naturais que antrópicas. Em termos de uso e ocupação do solo, a presença do Pólo Petrolífero de Guimarães não demonstrou influência direta sobre a dinâmica municipal. A economia local parece mais afetada por variáveis macroeconômicas.

Palavras-chaves: análise multitemporal; uso e ocupação do solo; sistema de informação geográfica; sensoriamento remoto.

Abstract

Multitemporal analysis of the land use, in petroliferous industry areas, based in remote sensing and geographical Information System Products: district of Guimarães, Rio Grande do Norte State, Brazil

This work introduce the mapping and interpretation of the evolution of the land use of the district of Guimarães (RN), based on a methodology for the interpretation multitemporal, in SIG. The methodology used for the analysis multitemporal for interpretation of the evolution of the land use was verified of great efficiency. Three years were considered: 1989, 1996 and 2001. The period from 1996 to 2001 was what verified a more significant alteration in the land use. Besides the conversion of the tanks of salt activities in shrimp cultivation, the largest observed transformation is due to the settlement appearance in areas of shut *caatinga* vegetation. The decrease and increase dynamics of the mangroves areas seems to be more influenced by natural that human factor. The presence of the pole petroliferous of Guimarães didn't demonstrate direct influence on the land use municipal dynamics. The local economy seems more affected by variable macro economies.

Key-words: multitemporal analysis, land use, geographical information system, remote sensing.

¹ Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica. Doutorado. CCET/Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Campus Universitário, Natal-RN, 59072-970. grigioma@yahoo.com

² Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica. Professor. CCET/Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Campus Universitário, Natal-RN, 59072-970. amaro@geologia.ufrn.br

³ Departamento de Geografia/UFRN. Bolsista DCR/CNPq. Campus Universitário, Natal-RN, 59072-970. diodato@yahoo.com

⁴ Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica. Professor. CCET/Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Campus Universitário, Natal-RN, 59072-970. helenice@geologia.ufrn.br

INTRODUÇÃO

As atividades desse trabalho foram desenvolvidas no âmbito do Projeto MARPETRO (FINEP/PETROBRÁS/CTPETRO): Monitoramento Geoambiental de Áreas Costeiras na Zona Petrolífera de Macau, inserida no Estado do Rio Grande do Norte (RN) – que tem como um dos seus principais objetivos o monitoramento ambiental voltado às atividades da indústria petrolífera e classificação de regiões segundo índice de vulnerabilidade/sensibilidade quanto aos impactos ambientais decorrentes das ações naturais e antrópicas.

Os sistemas e técnicas de Sensoriamento Remoto, estabelecidos a partir do início dos anos setenta, podem permitir o estudo da evolução ambiental de uma região, desde o início da intensificação dos processos antrópicos, através de análises multitemporais.

Estudos multitemporais têm sido conduzidos com resultados satisfatórios em várias regiões do Brasil interessadas em evidenciar mudanças ambientais (MESQUITA JUNIOR, 1998; PARANHOS FILHO, 2000; GRIGIO *et al.*, 2001 e 2002, GRIGIO, 2003).

O uso do Sensoriamento Remoto com base na análise de imagens de satélites é um dos meios que se dispõe hoje para acelerar e reduzir custos dos mapeamentos e da detecção de mudanças geoambientais. Em combinação com aerofotogrametria e geodésia, com os recentes recursos do sistema de informação geográficos e aliados às novas técnicas de processamento e aos novos sensores, as imagens de satélite oferecem possibilidades, ainda pouco exploradas, de gerarem informações sinópticas e precisas para avaliação e evolução de diversas variações temáticas da superfície terrestre.

O Estado do Rio Grande do Norte, maior produtor terrestre brasileiro de petróleo, possui duas zonas ambientais distintas: a terrestre e a marítima, que se caracterizam como zonas homogêneas em relação aos recursos naturais. Nestes cenários está inserido o Município de Guimarães, localizado no litoral setentrional que apresenta ampla exploração petrolífera e com ampla expansão da carcinicultura em substituição à indústria salineira. A confluência, na região, de diversos tipos de uso e ocupação do solo, que interferem de modo marcante no ambiente, demonstra um mosaico geoambiental complexo, com características físicas e sócio-econômica-ambientais muitas vezes contíguas, em uma região extremamente frágil do ponto de vista ambiental.

Com a finalidade de compreender este mosaico geoambiental complexo, este trabalho tem por objetivo geral, mapear e interpretar a evolução do uso e ocupação do solo do Município de Guimarães (RN), tendo como base o uso de uma metodologia para a interpretação multitemporal de imagens de sensoriamento remoto em ambiente SIG.

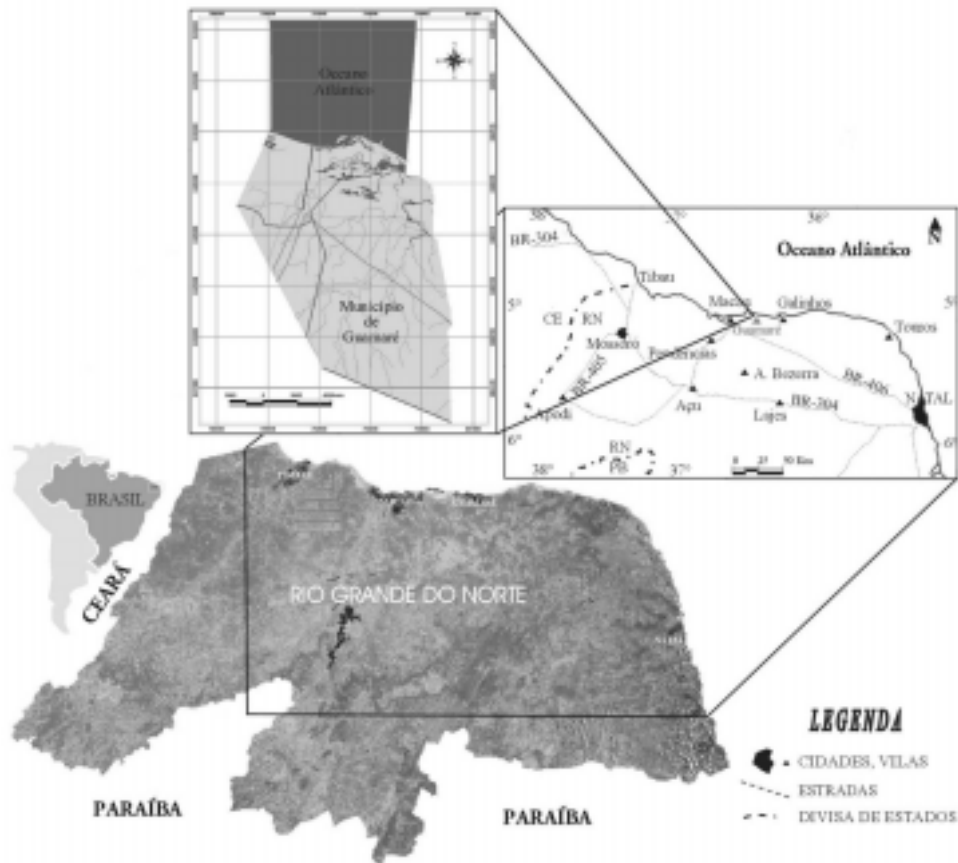
LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA E GEOLÓGICA DA ÁREA DE ESTUDO

O Município de Guimarães, área de estudo deste trabalho (Figura 1), está inserido na Microrregião Salineira do Estado do Rio Grande do Norte, também conhecida por Microrregião Macau. O acesso é realizado pela rodovia federal BR – 406, que liga a cidade de Natal até a cidade de Macau, até o trevo de acesso à cidade de Guimarães pela RN – 401. A cidade de Guimarães, dista da cidade de Natal, capital do Estado, 190 km.

Durante a maior parte do ano o Estado do Rio Grande do Norte apresenta-se sem chuva. Esta característica é imposta pelo Anticiclone do Atlântico Sul que, devido a este centro de alta pressão, confere à região sob seu domínio, tempo estável e sem chuvas. Durante o período de fevereiro a maio a ação do anticiclone diminui no norte da região Nordeste do Brasil e passa a atuar a Zona de Convergência Intertropical, que é a zona de convergência dos ventos alísios proveniente dos hemisférios Norte e Sul.

A precipitação média na região de Guamaré, para o período de 1980 a 2000, foi de 600 mm. Apresentou a mínima total anual de 171 mm, em 1983, e máxima total anual de 1.808 mm, em 1985. A temperatura da região de Guamaré apresenta-se elevada ao longo de todo o ano, sendo a temperatura média anual de 26,8°C, com uma amplitude das médias mensais de 3,2°C, tendo a menor média observada em julho de 25°C e a maior média em fevereiro de 28,6°C (SILVEIRA, 2002, p.23).

Figura 1 – Localização da área de estudo, Município de Guamaré, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil



A normal da umidade relativa do ar anual é de 70 %, sendo menor nos meses de junho a novembro (mínima de 66% em novembro), coincidindo com a estação seca de baixa pluviosidade (GUEDES, 2002, p.06).

Na região de Guimarães, em linhas gerais, são identificados quatro tipos de associações de solos: Neossolo Quartzarênico Órtico (Areias quartzosas distróficas), Neossolo Quartzarênico Órtico (Areias quartzosas marinha distróficas), Planossolo Quartzarênico Órtico (Solonchak solométzico) e Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico Latossólico (Podzólico vermelho-amarelo eutrófico latossólico) (EMBRAPA, 1999).

Em relação à vegetação na região, é possível encontrar o seguinte conjunto de plantas que recobre o solo: Caatinga – formada por plantas adaptadas ao clima semiárido ou tropical quente e seco; esse tipo de vegetação sobrevive com pouca água, chegando a perder suas folhas nos períodos de maior estiagem, abrange a maior parte do Município; Manguezais – localizados nas várzeas próximas à desembocadura dos rios, onde as águas das marés se misturam com as águas dos rios; e Vegetação de dunas e praias – vegetação rasteira, resistente às condições de salinidade dos solos dessas áreas.

O Município de Guimarães está inserido no contexto geológico da Bacia Potiguar, extremo Nordeste do Brasil, nos Estados do Rio Grande do Norte e Ceará. Com uma área de 48.000 Km² aproximadamente, sendo deste, 21.500 em área emersa e 26.500 em área submersa, chegando a isóbata de -2000 m (ALMEIDA *et al.*, 1977, p.245), e encontra-se inserida na porção da Província Borborema caracterizada por Jardim de Sá (1984, p.280) como sendo composta por diversas faixas de supracrustais, distribuídas em um embasamento gnáissico-migmatítico, cujo limite sul é a Zona de Cisalhamento E-W de Patos.

Segundo a carta estratigráfica da Bacia Potiguar, elaborada por Araripe e Feijó (1994, p. 127), observa-se três unidades litoestratigráficas: Grupo Areia Branca, depositado no início do Mesozóico Superior, porção basal, Grupo Apodi, sendo depositado em meados do Mesozóico Superior, porção intermediária e Grupo Agulhas, iniciando sua deposição no final do Mesozóico Superior e prolongando-se até o final do Cenozóico. Na área de estudo foi observada em sua maior parte a Formação Barreiras, associado ao Grupo Agulhas. Esta formação repousa na parte emersa da Bacia, com faixas descontínuas de sedimentos clásticos continentais, constituídos por conglomerados, arenito e argilitos de cores avermelhadas, sobrepostos, em discordância, erosiva geralmente aos calcários da Formação Jandaíra.

Na área em estudo pode-se observar dois grandes compartimentos geomorfológicos: Tabuleiro costeiro ou Superfície de aplainamento e Planície costeira. No entanto, como resultado dos eventos geológicos recentes e atuais, formaram-se diversos compartimentos de relevo, resultante da erosão e deposição contínua na zona estuarina, por exemplo, zonas de inframaré, intermaré e supramaré, planície flúvio-estuarina, terraço estuarino e flúvio estuarino, dunas móveis e fixas, bancos arenosos, entre outros. Esta zona constitui uma área de transição entre o oceano e continente, onde se concentra um grande número de atividades fundamentais ao homem, relacionadas com a economia, alimentação, transporte, recreação e urbanismo. No caso de Guimarães, essas atividades situam-se em compartimentos geomorfológicos de estrutura frágil diante das intervenções antrópicas, devido a sua complexidade ambiental, onde atuam conjuntamente vários mecanismos, tais como ventos, ondas, correntes, chuvas, marés, insolação, evaporação, erosão, deposição, etc.

ORGANIZAÇÃO DO ESPAÇO: A PERCEÇÃO DO ESPAÇO POR SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Um dos problemas fundamentais da pesquisa ambiental é o seu caráter intrinsecamente idiográfico, ou seja, as situações ambientais são únicas, no tempo e no espaço. Entretanto, investigar a natureza e as associações de eventos e entidades registráveis nestas situações ambientais é uma tarefa que pressupõe procedimentos ordenados. Sendo assim, os eventos e entidades ambientais podem ser estudados em termos da ocorrência de localizações coincidentes onde, a ocorrência coincidente pode ser estabelecida ao nível de detalhe adequado aos dados disponíveis, definido-se, assim, a possibilidade de correlações baseadas na localização e nos diversos níveis de ocorrência concomitante que venham a ser registrados. Além disto, os eventos e entidades ambientais podem ser analisados em termos de sincronia de suas alterações registradas, ou seja, de sua evolução (XAVIER DA SILVA, 2001, p. 165).

Uma maneira de se visualizar o ambiente como um sistema é apresentado na figura 2, na qual a realidade é percebida como composta por entidades físicas ou virtuais, sendo os sistemas identificáveis, onde se organizam segundo diversos tipos de relacionamentos, entre os quais ressaltam, para as investigações ambientais, as relações de inserção (hierarquia), justaposição (proximidade/contigüidade) e funcionalidade (causalidade), onde segundo essa perspectiva, a realidade ambiental pode ser, portanto, percebida como um agregado de sistemas relacionados entre si (XAVIER DA SILVA, 2001, p. 25).

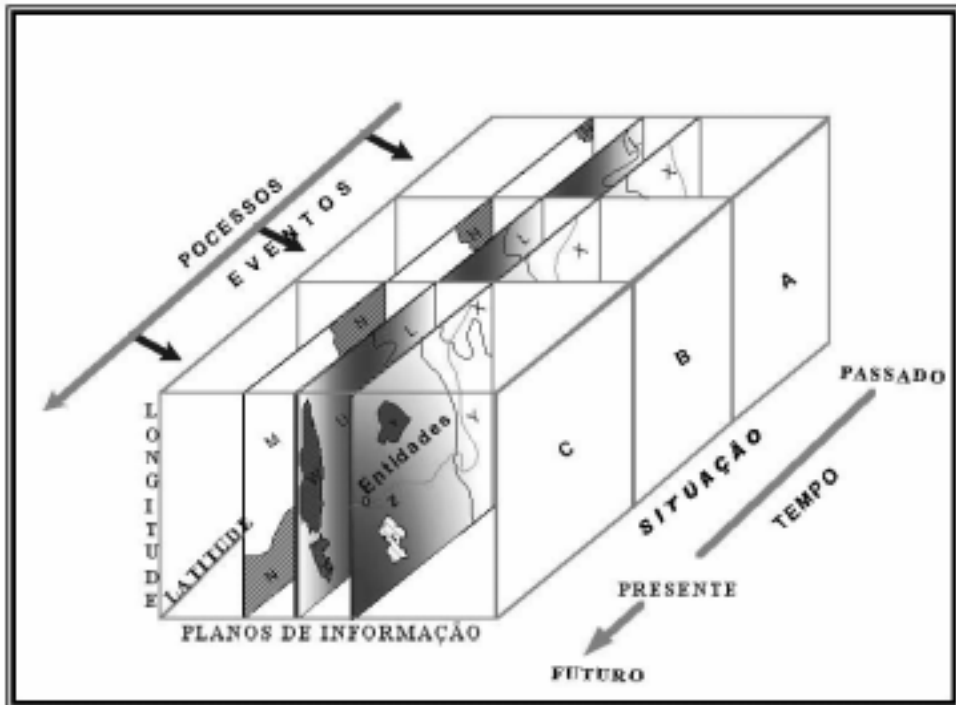
O emprego do sensoriamento remoto, em conjunto com o sistema de informação geográfica, propicia uma visão da situação ambiental como um todo, que agora se torna operacionalizada, agilizando na identificação das relações entre as diversas entidades localizadas no mundo real, a partir de suas relações de contingência, conexão, proximidade e funcionalidade entre as partes componentes da situação ambiental (GRIGIO *et al.*, 2002, p93.). Sendo assim, o ambiente é representado como realmente pode ser feito no âmbito do geoprocessamento: como sucessão temporal de situações ambientais.

TÉCNICA DE ANÁLISE MULTITEMPORAL

A confecção e interpretação dos mapas de uso e ocupação do solo, do Município de Guimarães (RN), para os anos de 1989, 1996 e 2001, envolveram três etapas de trabalho. A primeira, incluiu a pré-análise dos documentos cartográficos existentes e digitalização da carta topográfica de Guimarães-MI899/1 (DSG, 1988), na escala 1:50.000, elaborada pela Diretoria de Serviços Geográficos do Exército Brasileiro, por meio de um *Scanner* A0. Na seqüência, esse documento foi georreferenciado no programa ER-Mapper 6.0 (ERMAPPER, 1994) e vetorizado via-tela (*heads-up digitizing*), a fim de se obter uma base vetorial digital dos dados. O *software* utilizado no processo de vetorização e criação do banco de dados georreferenciado foi o ArcView GIS 3.2 (ESRI, 1998).

Na segunda etapa do trabalho utilizaram-se produtos digitais de sensoriamento remoto orbitais (cena Landsat 5-TM 214-065, de 02/09/1989, cena Spot 4-HRVIR 729-360, de 26/01/1996 e cena Landsat 7-ETM+ 214-065, de 05/04/ 2001 com as faixas multiespectrais do visível-infravermelho) e aerotransportado de alta (fotos aéreas verticais) e baixa altitude (fotos oblíquas de reconhecimento), cuja estratégia de tratamentos consistiu no emprego de técnicas de processamento digital de imagens.

Figura 2 – Diagrama de representação do Ambiente como Sistema. O bloco apresenta 4 dimensões: largura, altura, profundidade e tempo, sendo o ambiente segmentado em 3 situações: passado, presente e futuro e apresenta relações implícitas com o sistema de informação geográfica, na medida que contém os conceitos de localização: linhas de latitude e longitude. (Adaptado de Xavier da Silva, 2001, p.25)



Para a interpretação visual monoscópica sistemática dos padrões de cores e arranjo textural nos produtos fotográficos dos satélites foram utilizadas as seguintes composições coloridas: Landsat 5-TM: RGB-4-2-3, RGB-5-4-2, RGB-4-2-NDWI; Spot 4-HRVIR: RGB-1-2-3 e RGB-1-2-NDVI e Landsat 7-ETM+: RGB-4-2-3, RGB-5-4-2, RGB-4-2-NDWI, RGB-7/4-5/3-4/3 e RGBI-7/4-5/3-4/3-PAN. Após a escolha das melhores composições foi utilizado o *software* Arcview GIS 3.2, de forma a conduzir à seleção das principais categorias que, em conjunto com a chave de interpretação, auxiliaram na confecção do mapa temático de uso e ocupação do solo (Tabela 1). Trabalhos de campo, incluindo sobrevôo, foram efetuados para confirmação/retificação dos limites de áreas no mapa.



Tabela 1 – Código de identificação, interpretação nas imagens de satélite e caracterização das classes de uso e ocupação do solo do Município de Guimarães (RN)

CÓDIGO	CLASSE	INTERPRETAÇÃO	DESCRIÇÃO
AÇUDE	Açude	Composição RGB -4-2-NDVI coloração azul ao azul anil além da forma geométrica e localização geográfica.	Lâmina de água formada por represamento das águas.
AGUA	Oceano / Estuário	Composição RGB -4-2-3 Oceano com tons de ciano a verde-claro e Estuário coloração azul escuro para azul claro.	Oceano: corpo de água livre. Estuário: área limite entre as águas doces e salgadas.
ALAGA	Planície de inundação / Maré	Composição RGB -7/4-5/3-4/3 coloração variando do vermelho-escuro a magenta além de localização geográfica.	Corresponde às áreas de baixo gradiente próximas à costa, com declividade baixa em direção ao mar e/ou canais principais de drenagem, caracterizada como área mista coberta durante as marés estuárias, encharcadas e descobertas durante as vazantes.
ARARI	Terra árida	Composição RGB -4-2-3 coloração branca; Composição RGB -7/4-5/3-4/3 coloração variando do laranja ao vermelho escuro.	Áreas representado por depósitos de areia média a muito fina, inconsolidadas, bem selecionadas resultantes da deposição eólica.
ARUMI	Área úmida	Composição RGB -4-2-NDVI coloração ciano; Composição RGBI -7/4-5/2-4/3-PAN coloração variando de amarelo a verde.	Áreas de depressões extensas relacionadas a processos de remoção e transporte de sedimentos médios a finos pela ação dos ventos, localizadas entre os campos de dunas móveis e fixas, sujeita a intensas modificações temporárias com ocorrência de lagoas interduares de caráter temporário.
ASSEN	Assentamento	Arranjo geométrico e localização geográfica.	Área de assentamento do INCRA, conformada por residências e cultivos temporários.
CAABA	Vegetação de Caatinga arbustiva aberta	Composição RGB -1-2-NDVI coloração de magenta-claro, vermelho a rosa; Composição RGB -5-4-2 coloração verde-claro; Composição RGB -1-2-3 coloração vermelha.	Caracterizada pela vegetação de Caatinga hiperxerófila, ausente de indivíduos de porte arbóreo tendo como remanescentes arbustos distanciados entre si. Presença abundante de leguminosas, principalmente as ditas Juremas (várias espécies de <i>Mimosa</i> sp).
CABAF	Vegetação de Caatinga arbustiva fechada	Composição RGB -1-2-NDVI coloração de magenta-escuro; Composição RGB -5-4-2 coloração verde-médio; Composição RGB -1-2-3 coloração marrom-avermelhado.	Representa a vegetação de Caatinga hiperxerófila com predominância de indivíduos de porte arbóreo, com a presença de arbustos. Vegetação compacta sem clareiras.
CABUB	Vegetação de Caatinga arbustiva arborea fechada	Composição RGB -1-2-NDVI coloração de magenta; Composição RGB -5-4-2 coloração verde-escuro; Composição RGB -1-2-3 coloração vermelho-escuro.	Corresponde à vegetação de caatinga hiperxerófila com predominância de arbustos, estando aqui presentes indivíduos de porte arbóreo distantes entre si. A vegetação é compacta sem clareiras.
CARCI	Produção de camarão marinho	Arranjo geométrico e localização geográfica.	Antigas fazendas salinas que foram ocupadas para a criação de camarão marinho.
CASAL	Campo salino	Composição RGBI -7/4-5/2-4/3-PAN coloração marrom-escuro a marrom-claro.	Compreende a área mapeada, o espaço entre a zona de praia e campos de dunas móveis ou fixas. O relevo dessa feição é plano e suavemente ondulado com declividade predominante para o oceano e apresenta grande concentração de sal.

CIDAD	Cidade	Arranjo geométrico e localização geográfica.	Sede administrativa do município
CULTE	Cultura temporária	Composição RGB -1-2-NDVI coloração verde, verde-claro ao amarelo. Composição RGB -1-2-3 coloração branca, marrom, cinza a cinza esverdeado; além de sua característica geométrica.	Áreas, anteriormente com formação de Caatinga, desmatadas para se conformar em áreas de culturas agrícolas anuais.
DISIN	Pólo petrolífero de Guamaré	Arranjo geométrico e localização geográfica.	Área onde está localizada as instalações de captação e distribuição de petróleo e gás da Petrobrás.
IPREA	Área inundável na preamar	RGB1 -7/4-5/2-4/3-PAN coloração verde-claro, azul-claro ao azul-escuro; além de sua localização geográfica.	Áreas situadas em uma altura superior ao nível alcançado pela preamar das marés de quadratura (1,8 m), sendo banhada apenas pelas marés de sizígia (a partir de 2,6 m) ocorrendo, na parte menos elevada, ausência de vegetação, enquanto que na parte superior, constata-se tapetes de algas e vegetação rasteira.
LAGTE	Lagoa temporária	Composição RGB -4-2-NDWI coloração azul ao azul-escuro.	Lagoas formadas em épocas de alta pluviosidade.
MAN	Vegetação de Mangue	Composição RGB -7/4-5/3-4/3 coloração azul-escuro; Composição RGB -4-2-3 e 1-2-NDVI coloração vermelho escuro e brilhante; além de sua localização geográfica.	Estão localizados em áreas baixas, relevo plano com abatimentos, influenciados pelas águas do mar. A vegetação é representada pelas formações halófitas.
PASTA	Área de pastagem	Composição RGB -1-2-NDVI coloração verde, verde-claro ao amarelo; Composição RGB -1-2-3 coloração branca, marrom, cinza a cinza esverdeado; além de sua característica geométrica; além de sua localização geográfica.	Áreas, anteriormente com formação de Caatinga, desmatadas para se conformar em áreas de criação de bovinos e caprinos.
PETRO	Poços de extração de petróleo	Arranjo geométrico e localização geográfica.	Pequenas áreas onde se situam os poços de extração de petróleo.
PRAIA	Praia - Área de lazer	Composição RGB -4-2-3 coloração branca; Composição RGB1 -7/4-5/2-4/3-PAN coloração rosa ao rosa-escuro; além de sua localização geográfica.	Corresponde a faixa de zona lavada entre os níveis de preamar e baixa-mar das marés de quadraturas, localizada logo após a planície de deflação. Sofre constantes modificações pela ação hidrodinâmica das ondas, com processos cíclicos de deposição e erosão.
SALEV	Salina: evaporador	Composição RGB -1-2-3 coloração azul-esverdeado; além de sua forma geométrica.	Primeiro estágio da salina, com a formação de uma lamina d'água formada por represamento das águas do estuário visando à produção de sal marinho.
SALCR	Salina: cristalizador	Composição RGB -1-2-3 coloração azul-claro; além de sua forma geométrica.	Segundo estágio da salina, com a formação dos cristais de sal pela evaporação das águas com a finalidade de produzir sal marinho.
VEDUN	Vegetação de dunas (herbáceas)	Composição RGB -1-2-NDVI coloração magenta-claro a rosa claro; Composição RGB1 - 7/4-5/2-4/3-PAN coloração verde-escuro ao verde-claro; além de alta rugosidade.	Vegetação estabilizadora das areias das dunas, formada por vegetação rasteira e herbáceas.

Para a terceira etapa foi realizado o cruzamento dos mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 1989, 1996 e 2001, valendo-se da extensão ArcView Spatial Analyst v1.1 no *software* Arcview GIS 3.2. Esse módulo possibilita o cruzamento temporal de dados de diferentes *layers*, o que gerou, para esse trabalho, uma Tabela cujas colunas representam as classes mapeadas de um ano e as linhas representam as classes mapeadas para o outro ano (Tabela 2). Como o método permite apenas o cruzamento entre duas datas, foram realizados dois cruzamentos, um entre os anos 1989 e 1996 e outro entre os anos 1996 e 2001.

Tabela 2 - Tabela de cruzamento temporal gerado pela extensão ArcView Spatial Analyst v1.1

 Ano1  Ano2	Classe1	Classe2	Classe3	...	Total
Classe1					
Classe2					
Classe3					
....					
Total					

Este tipo de Tabela especifica mudanças no uso e ocupação do solo de uma data para outra. Os títulos das linhas representam as categorias de classes de uso do solo para uma data específica (**Ano1**), enquanto que os títulos das colunas representam as categorias de classes de uso do solo para a outra data do cruzamento (**Ano2**). Note-se que os dados da data anterior estão locados nas linhas e os dados referentes à data posterior estão nas colunas. Nas intersecções das linhas com as colunas pode-se obter a informação da mudança do uso do **Ano1** para o **Ano2**, em termos de área, para cada classe do **Ano1**. Nas intersecções cujo registro é zero significa que a classe considerada para o **Ano1** não apresentou alteração para essa classe do **Ano2**. As áreas sombreadas representam as áreas que não se modificaram quanto ao seu uso.

É importante salientar essa técnica de cruzamento, pela riqueza e relevância das informações geradas, pois possibilita a obtenção de informações acuradas das mudanças do uso do solo entre dois períodos, em termos quantitativo e qualitativo da mudança, isto é, onde, quanto e para que classe mudou.

RESULTADOS

Por meio das etapas das técnicas de análise multitemporal foi possível gerar os mapas de uso e ocupação do solo para o Município de Guamaré (RN), para os anos de 1989, 1996 e 2001.

As classes de uso e ocupação do solo mapeadas são apresentadas nas tabelas 3, 4 e 5, para os anos de 1989, 1996 e 2001, respectivamente, e seus respectivos mapas são apresentados nas figuras 3, 4 e 5.

Observa-se que a lista de classes correspondentes aos anos de 1989 e 1996 é a mesma, isto é, não houve a inserção de classe nova e/ou a extinção de classes, fato não corroborado para o ano de 2001. Neste ano as classes *salinas* e *vegetação de duna* não foram identificadas, no entanto, pode-se identificar novas classes: *açude*, *assentamento*, *carcinicultura* e *vegetação rasteira*.

Tabela 3 – Códigos de identificação e respectivas classes de uso e ocupação do solo, para o Município de Guimarães (RN), no ano de 1989

CÓDIGO	CLASSE	CÓDIGO	CLASSE
1 AGUA	Océano / Estuário	11 DISIN	Pólo petrolífero de Guimarães
2 ALAGA	Planície de inundação / Maré	12 IPREA	Área inundável na preamar
3 ARARI	Terra árida	13 LAGTE	Lagoa temporária
4 ARUMI	Área úmida	14 MAN	Vegetação de Mangue
5 CAABA	Vegetação de Caatinga arbustiva aberta	15 PASTA	Área de pastagem
6 CABAF	Vegetação de Caatinga arbórea arbustiva fechada	16 PETRO	Poços de extração de petróleo
7 CABUB	Vegetação de Caatinga arbustiva arbórea fechada	17 PRAIA	Praia - Área de lazer
8 CASAL	Campo salino	18 SALCR	Salina: cristalizador
9 CIDAD	Cidade	19 SALEV	Salina: evaporador
10 CULTE	Cultura temporária	20 VEDUN	Vegetação de dunas (herbáceas)

Tabela 4 – Códigos de identificação e respectivas classes de uso e ocupação do solo, para o Município de Guimarães (RN), no ano de 1996

CÓDIGO	CLASSE	CÓDIGO	CLASSE
1 AGUA	Oceano / Estuário	11 DISIN	Pólo petrolífero de Guimarães
2 ALAGA	Planície de inundação / Maré	12 IPREA	Área inundável na preamar
3 ARARI	Terra árida	13 LAGTE	Lagoa temporária
4 ARUMI	Área úmida	14 MAN	Vegetação de Mangue
5 CAABA	Vegetação de Caatinga arbustiva aberta	15 PASTA	Área de pastagem
6 CABAF	Vegetação de Caatinga arbórea arbustiva fechada	16 PETRO	Poços de extração de petróleo
7 CABUB	Vegetação de Caatinga arbustiva arbórea fechada	17 PRAIA	Praia - Área de lazer
8 CASAL	Campo salino	18 SALCR	Salina: cristalizador
9 CIDAD	Cidade	19 SALEV	Salina: evaporador
10 CULTE	Cultura temporária	20 VEDUN	Vegetação de dunas (herbáceas)

Figura 3 – Mapa de uso e ocupação do solo do Município de Guararé (RN), para o ano de 1989

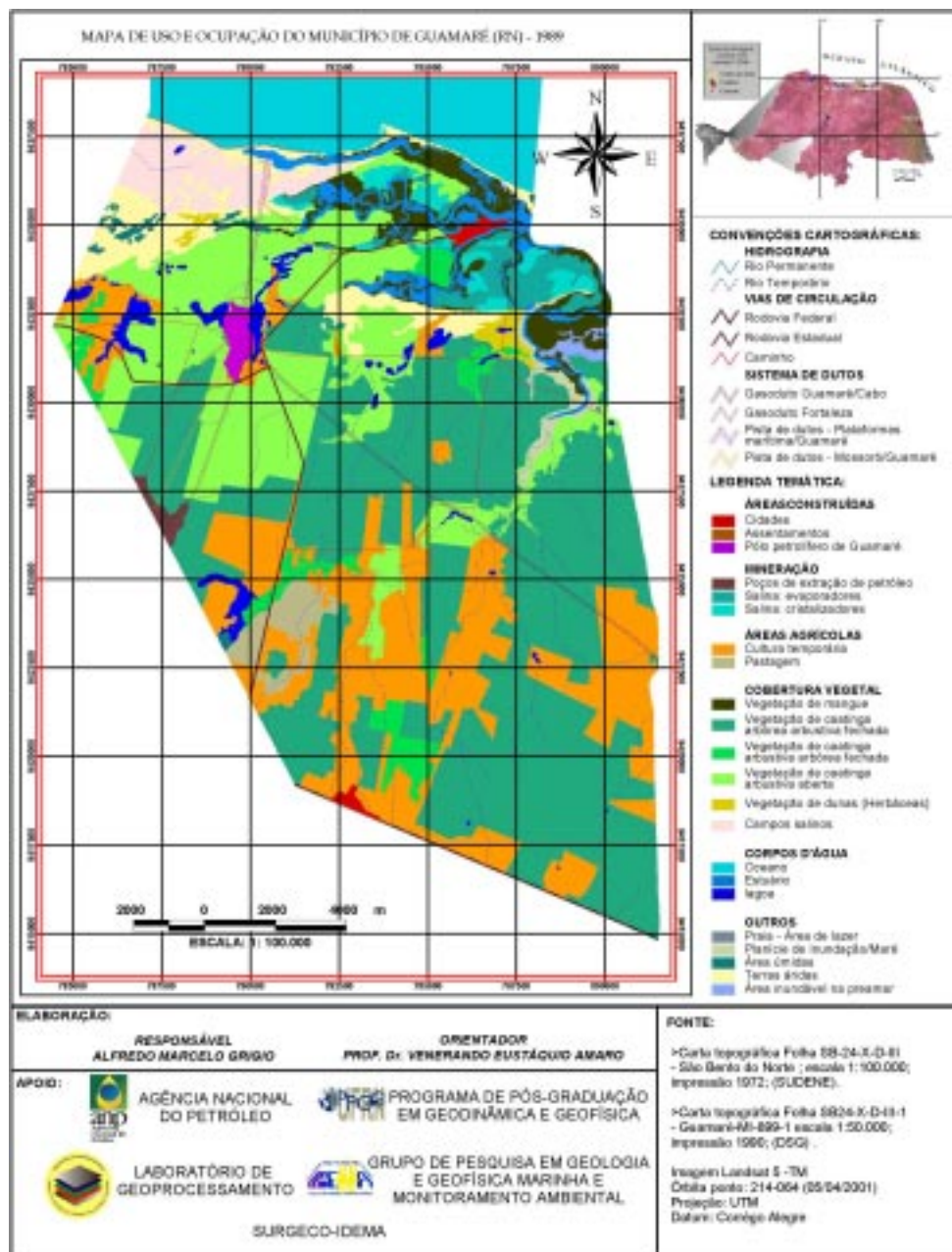


Figura 4 – Mapa de uso e ocupação do solo do Município de Guimarães (RN), para o ano de 1996

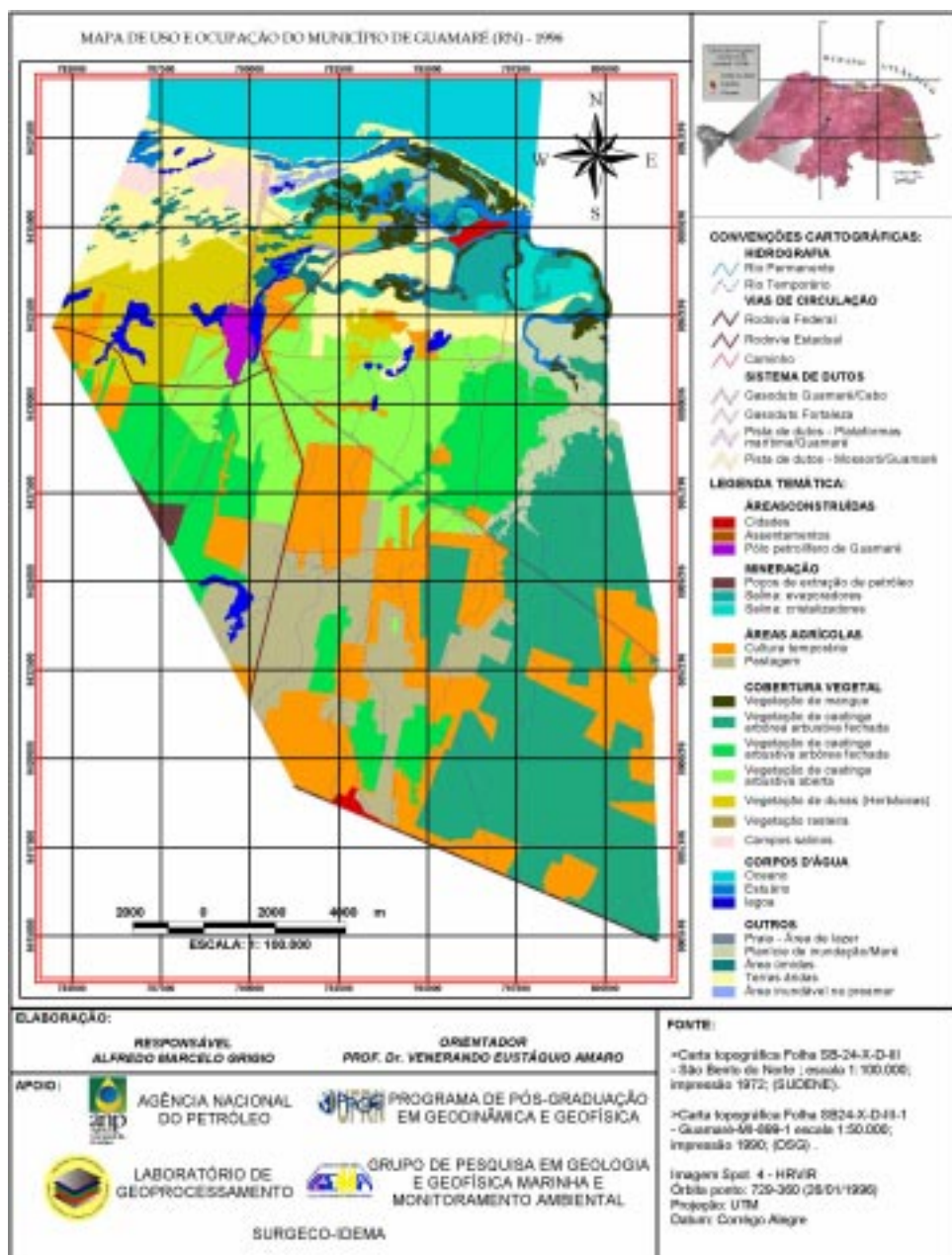


Tabela 5 – Códigos de identificação e respectivas classes de uso e ocupação do solo, para o Município de Guimarães (RN), no ano de 2001

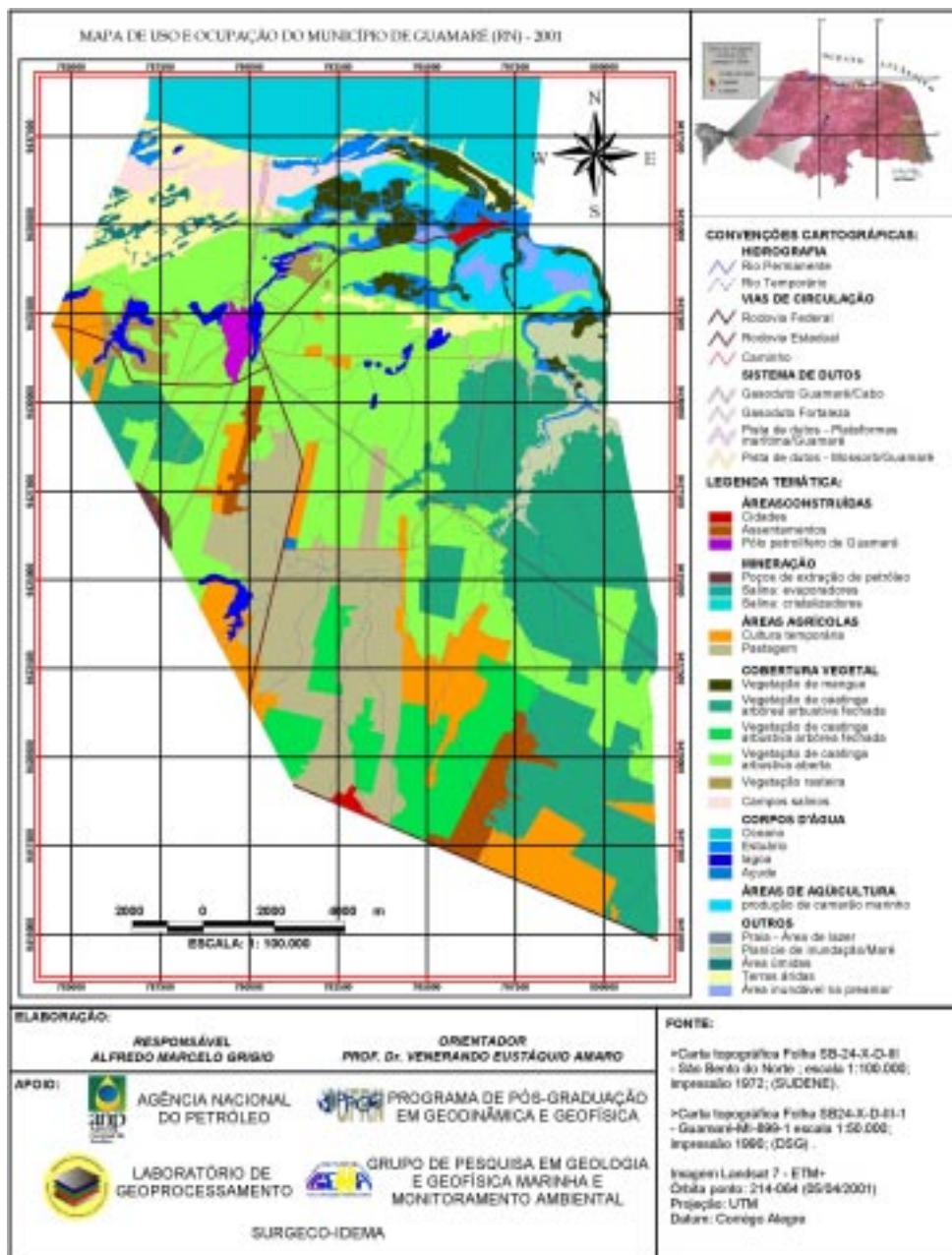
CÓDIGO	CLASSE	CÓDIGO	CLASSE
1 AÇUDE	Açude	12 CIDAD	Cidade
2 AGUA	Oceano / Estuário	13 CULTE	Cultura temporária
3 ALAGA	Planície de inundação / Maré	14 DISIN	Pólo petrolífero de Guimarães
4 ARARI	Terra árida	15 IPREA	Área inundável na preamar
5 ARUMI	Área úmida	16 LAGTE	Lagoa temporária
6 ASSEN	Assentamento	17 MAN	Vegetação de Mangue
7 CAABA	Vegetação de Caatinga arbustiva aberta	18 PASTA	Área de pastagem
8 CABAF	Vegetação de Caatinga arbórea arbustiva fechada	19 PETRO	Poços de extração de petróleo
9 CABUB	Vegetação de Caatinga arbustiva arbórea fechada	20 PRAIA	Praia - Área de lazer
10 CARCI	Produção de camarão marinho	21 VRAST	Vegetação de dunas (herbáceas)
11 CASAL	Campo salino		

Tabela 6 – Uso e ocupação do solo do Município de Guimarães, RN, com suas áreas e porcentagens correspondentes, para os anos de 1989, 1996 e 2001

1989			1996			2001		
CÓDIGO	ÁREA (ha)	%	CÓDIGO	ÁREA (ha)	%	CÓDIGO	ÁREA (ha)	%
1 AGUA	11.705,0	31,76	AGUA	11.577,0	31,41	AGUA	11.724,0	31,81
2 CABAF	9.974,0	27,06	CABAF	5.178,0	14,05	CAABA	7.502,0	20,36
3 CULTE	4.774,0	12,95	CULTE	4.589,0	12,45	CABAF	5.331,0	14,46
4 CAABA	4.510,0	12,24	CAABA	2.821,0	7,65	PASTA	2.945,0	7,99
5 ARARI	1.115,0	3,03	CABUB	2.819,0	7,65	CULTE	2.106,0	5,71
6 MAN	950,0	2,58	PASTA	2.304,0	6,25	CABUB	1.560,0	4,23
7 CABUB	736,0	2,00	ARARI	2.289,0	6,21	ARARI	1.176,0	3,19
8 CASAL	719,0	1,95	VEDUN	1.672,0	4,54	CARCI	764,0	2,07
9 SALEV	504,0	1,37	ALAGA	862,0	2,34	MAN	744,0	2,02
10 PASTA	377,0	1,02	MAN	645,0	1,75	ALAGA	635,0	1,72
11 SALCR	329,0	0,89	SALEV	625,0	1,70	CASAL	581,0	1,58
12 LAGTE	328,0	0,89	SALCR	355,0	0,96	ASSEN	537,0	1,46
13 ALAGA	198,0	0,54	ARUMI	337,0	0,91	VRAST	274,0	0,74
14 VEDUN	152,0	0,41	CASAL	257,0	0,70	LAGTE	263,0	0,71
15 ARUMI	119,0	0,32	LAGTE	144,0	0,39	IPREA	257,0	0,70
16 PETRO	94,0	0,26	IPREA	95,0	0,26	ARUMI	150,0	0,41
17 IPREA	91,0	0,25	CIDAD	92,0	0,25	DISIN	126,0	0,34
18 DISIN	88,0	0,24	PETRO	91,0	0,25	CIDAD	87,0	0,24
19 CIDAD	66,0	0,18	DISIN	88,0	0,24	PETRO	64,0	0,17
20 PRAIA	26,0	0,07	PRAIA	15,0	0,04	PRAIA	17,0	0,05
21	-	-	-	-	-	AÇUDE	12,0	0,03
Total	36.855,0	100,00		36.855,0	100,00		36.855,0	100,00

A Tabela 6 representa as classes para cada ano considerado, as suas áreas e porcentagens. Nota-se, pelos índices de porcentagem, uma mudança na configuração da paisagem através do tempo. Por exemplo, percebe-se que a classe *pastagem*, no ano de 1989, representava 1,07 % do total da área passando a 6,39 % em 1996 e para 8,19 % no ano de 2001, subindo da décima posição em 1989 para a quarta

Figura 5 – Mapa de uso e ocupação do solo do Município de Guimarães (RN), para o ano de 2001



posição em 2001, caracterizando assim uma importante mudança na paisagem do Município. Enquanto isso a classe *cultura temporária* manteve a sua posição do ano de 1989 para o ano 1996, mas diminuiu quase 50 % no ano de 2001. Dessa maneira, observa-se uma mudança na economia do Município que passa a valorizar mais a pecuária.

Uma feição de destaque é a fisionomia da vegetação. A classe *caatinga arbórea arbustiva fechada* representa a vegetação de caatinga com predominância de indivíduos de porte arbóreo, com a presença de arbustos, sem áreas descobertas de vegetação, isto é, cobrindo toda a área de ocorrência de maneira ininterrupta e sem clareiras. A classe *caatinga arbustiva aberta* caracteriza a vegetação de caatinga, ausente de indivíduos de porte arbóreo tendo como remanescentes os arbustos distanciados entre si, isto é, com clareiras. Provavelmente, essa classe é consequência do desmatamento e abandono da área, já que a presença abundante de leguminosas, principalmente as ditas Juremas (várias espécies de *Mimosa* sp.) caracteriza o que é denominado por Rizzini (1997, p.521) como caatinga secundária. Se nada perturbar a sucessão vegetal, provavelmente essa classe irá migrar para a classe *caatinga arbórea arbustiva fechada*. A classe *caatinga arbustiva arbórea fechada* corresponde à vegetação de caatinga com predominância de arbustos estando aqui presentes indivíduos de porte arbóreo distantes entre si, a vegetação é compacta sem clareiras.

No ano de 1989 a principal vegetação compreendia principalmente a *caatinga arbórea arbustiva fechada*, a *caatinga arbustiva aberta* e a *caatinga arbustiva arbórea fechada*, representando 27,69 %; 12,55 % e 2,04 %, respectivamente, em relação à área total. Em 1996, essa distribuição mudou para 14,38 %; 7,93 % e 7,80 %, respectivamente, mostrando uma sensível diminuição da área de *caatinga arbórea arbustiva fechada* e de *caatinga arbustiva aberta* e um aumento da área de *caatinga arbustiva arbórea fechada*.

Em 2001, novas mudanças ocorreram, variando essas classes, em relação a 1996, para 14,69 %; 20,96 % e 4,34 %, respectivamente, onde a *caatinga arbórea arbustiva fechada* manteve-se com uma área aproximada à de 1996, a *caatinga arbustiva aberta* mostrou um sensível aumento da sua área e a *caatinga arbustiva arbórea fechada* diminuiu sua porcentagem de cobertura na área em estudo.

Outro destaque refere-se ao aparecimento, em 2001, de novas classes, tais como *carcinicultura*, *açude*, *assentamento* e *vegetação rasteira* e ao desaparecimento de outras, tais como *vegetação de dunas* e *salinas*.

Dessa maneira nota-se uma intensa dinâmica no Município, atrelada a fatores econômicos, que se reflete diretamente no uso e ocupação do solo.

As tabelas 7 e 8 representam o cruzamento do uso e ocupação do solo para o Município de Guimarães (RN), a primeira entre os anos 1989 e 1996 e a segunda entre os anos 1996 e 2001. As linhas representam categorias dos dados de cobertura do solo em 1989, para a tabela 7, e em 1996, para a tabela 8, e as colunas representam categorias dos dados de cobertura do solo em 1996, para a tabela 7, e em 2001, para a tabela 8. Da leitura da tabela, da esquerda para a direita, pode-se obter a mudança de classe de cobertura do solo de 1996 em relação a 1989. Por exemplo, a linha da classe *cultura temporária* (CULTE), se acompanhada até a interseção com a coluna da classe *cidade* (CIDAD), verifica-se o valor de 22 ha, isto significa que uma área de 22 ha que era cultura temporária em 1989 foi utilizada para expansão da cidade em 1996. As células na diagonal, em negrito, representam as áreas onde não houve mudanças entre essas duas datas. Todas as células que estão fora da diagonal representam mudanças.

A tabela 6, que representa as áreas totais de cada classe discriminadas por ano, mostra as mudanças de área para cada classe, dado importante na verificação da dinâmica do Município. Porém, não é suficiente para uma análise precisa, pois as

classes que, aparentemente, não apresentam mudanças, quando avaliadas nas tabelas 7 e 8 mostram uma dinâmica diferente àquela da tabela 6. Por exemplo, na tabela 6 a classe *distrito industrial* (DISIN) mostra que entre os anos de 1989 e 1996 não houve mudança, sendo a área de cobertura de 88 ha. Entretanto, na tabela 7, ocorreu um aumento de 20 ha devido a ocupação de áreas de *caatinga arbustiva aberta*, *cultura temporária* e *lagoa temporária*, mas, por outro lado, perdeu 20 ha de área para a classe *caatinga arbustiva aberta* e *vegetação de duna*, resultando num saldo nulo. Dessa maneira, verifica-se que, apesar da tabela 6 não apresentar mudanças, ocorre uma dinâmica entre esses anos para essa classe. Assim, as tabelas 7 e 8 apresentam detalhes da dinâmica de uso e ocupação do solo que não é mostrada na tabela 6, e se revelam muito eficientes para a análise da dinâmica territorial de qualquer área de interesse.

Em relação às áreas dos poços de petróleo (Tabela 6) não ocorreu alteração entre os anos de 1989 e 1996, porém, ocorreu uma diminuição de 15 ha entre os anos de 1996 e 2001. Poderia se entender esses dados como um abandono de áreas de produção de petróleo em terra, porém, pela análise das tabelas 7 e 8 tem-se que, de 1989 para 1996 foram abandonadas nove hectares, mas outros nove hectares foram acrescidos. Do cruzamento dos anos de 1996 e 2001 verifica-se que 29 ha foram abandonadas enquanto que 14 hectares foram acrescidos, resultando assim em um saldo negativo de 15 ha. Se considerarmos as áreas abandonadas e acrescidas entre o período de 1989 e 2001, pode-se calcular os valores correspondentes, que são 38 e 23 ha, respectivamente, gerando uma diferença de 15 ha. Assim, verifica-se que, apesar da tabela 5 mostrar uma diminuição da área de ocupação por poços de petróleo entre os anos de 1989 e 2001, que poderia induzir a pressupor um abandono gradual de áreas destinadas à exploração de petróleo, na verdade as tabelas 7 e 8 mostram uma dinâmica maior, havendo incluso o acréscimo de áreas de exploração, demonstrando assim que ainda há interesse da exploração de petróleo em terra.

É interessante observar que as áreas dos poços de petróleo abandonados, no período de 1989 a 1996, foram tomadas pela *caatinga arbustiva arbórea fechada*, aparentemente estágio intermediário da sucessão vegetal, enquanto que as áreas acrescidas no período de 1989 a 1996 foram tomadas das áreas de *caatinga arbórea arbustiva fechada*, isto é, matas em estágio avançado da sucessão, provavelmente clímax, com perdas de indivíduos de espécies de porte arbóreo. No período de 1996 a 2001 as áreas acrescidas foram tomadas da *caatinga arbustiva arbórea fechada*, onde já há a presença de indivíduos de porte arbóreo. Apesar das áreas de *caatinga* envolvidas (23 ha) nesse processo serem baixas, se comparadas à área total de vegetação de *caatinga* que cobre o Município, frisa-se o valor qualitativo da vegetação perdida. Isso fica evidente quando se verificam os índices de cobertura das diferentes categorias de *caatinga* nos anos considerados. Em 1989 e 1996 predominava a *caatinga arbórea arbustiva fechada*, já em 2001 a *caatinga arbustiva aberta*, ocupava o primeiro lugar, o que demonstra uma depreciação qualitativa da vegetação, pois a *caatinga arbustiva aberta* caracteriza-se pelo predomínio de poucas espécies (no caso, das *juremas*, entre outras) em número abundante de indivíduos, significando baixa biodiversidade.

O envolvimento das atividades relacionadas ao sal e ao camarão em áreas de mangue, verificou-se de pequena importância. Na tabela 7, dos 523 ha de mangue alterados, 76 ha envolvem atividades antrópicas, os restantes 447 ha deve-se a fatores naturais. Para o período de 1996 a 2001 (Tabela 8) a carcinicultura tomou 37 ha do mangue, mas, 38 ha de salinas foram recuperadas pelo mangue. As mesmas tabelas mostram que as áreas de salinas foram aproveitadas e transformadas em tanques de carcinicultura. A dinâmica de retração e aumento das áreas de mangue parece ser mais influenciada por fatores naturais que antrópicas. Isto pode ser confir-

mado pelos dados obtidos. Em 1996, em relação ao ano de 1989, a classe mangue ampliou a sua área em 166 ha e diminuiu em 272 ha, ambos relacionados a fatores naturais. Já, em 2001, em relação ao ano de 1996, a classe mangue ampliou a sua área em 223 ha e diminuiu em 116 ha, ambos também relacionados a fatores naturais. Os maiores valores envolvidos nesses resgates e perdas de áreas por parte da classe mangue verificou-se serem de classes relacionadas à dinâmica natural da região.

Tabela 7 – Cruzamento dos mapas de uso e ocupação do solo do Município de Guamaré, RN, em hectares, entre os anos de 1989 e 1996

CÓDIGO	1996																				Total
	AGUA	ALAGA	ARARI	ARUMI	CAABA	CABAF	CABUB	CASAL	CIDAD	CULTE	DISIN	IPREA	LAGTE	MAN	PASTA	PETRO	PRAIA	SALCR	SALEV	VEDUN	
AGUA	11.346,0	39,0	81,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	5,0	0,0	126,0	0,0	0,0	90,0	28,0	66,0	2,0	11.787,0
ALAGA	7,0	147,0	18,0	0,0	0,0	0,0	18,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	198,0
ARARI	43,0	0,0	986,0	19,0	1,0	0,0	0,0	14,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	3,0	1,0	44,0	1.133,0
ARUMI	0,0	0,0	54,0	46,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	119,0
CAABA	6,0	325,0	475,0	191,0	1.213,0	0,0	403,0	0,0	3,0	537,0	8,0	11,0	7,0	3,0	32,0	0,0	0,0	7,0	22,0	1.267,0	4.510,0
CABAF	0,0	18,0	58,0	0,0	1.389,0	5.176,0	2.141,0	0,0	0,0	1.088,0	0,0	0,0	0,0	0,0	84,0	15,0	0,0	0,0	0,0	4,0	9.973,0
CABUB	0,0	16,0	91,0	5,0	52,0	0,0	167,0	0,0	0,0	157,0	0,0	0,0	0,0	1,0	234,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	736,0
CASAL	56,0	0,0	313,0	27,0	0,0	0,0	0,0	243,0	0,0	0,0	0,0	50,0	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	719,0
CIDAD	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	64,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	66,0
CULTE	0,0	0,0	21,0	7,0	115,0	0,0	62,0	0,0	18,0	2.790,0	7,0	0,0	3,0	0,0	1.499,0	0,0	0,0	0,0	0,0	252,0	4.774,0
DISIN	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	71,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	88,0
IPREA	0,0	82,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	91,0
LAGTE	0,0	9,0	8,0	19,0	10,0	2,0	10,0	0,0	0,0	15,0	2,0	0,0	104,0	0,0	63,0	0,0	0,0	0,0	0,0	86,0	328,0
MAN	98,0	158,0	59,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	25,0	0,0	505,0	0,0	0,0	0,0	9,0	85,0	1,0	950,0
PASTA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	376,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	377,0
PETRO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	76,0	0,0	0,0	0,0	0,0	94,0
PRAIA	9,0	0,0	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0	0,0	0,0	0,0	62,0
SALCR	1,0	27,0	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	150,0	124,0	0,0	329,0
SALEV	12,0	4,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	149,0	327,0	0,0	504,0
VEDUN	0,0	36,0	77,0	15,0	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	152,0
Total	11.578,0	861,0	2.289,0	337,0	2.821,0	5.178,0	2.819,0	257,0	92,0	4.589,0	88,0	95,0	144,0	645,0	2.304,0	91,0	150,0	355,0	625,0	1.672,0	36.990,0

Tabela 8 – Cruzamento dos mapas de uso e ocupação do solo do Município de Guimarães, RN, em hectares, entre os anos de 1996 e 2001

CÓDIGO	2001																				Total	
	AGUA	ALAGA	ARARI	ARUMI	CAABA	CABAF	CABUB	CASAL	CIDAD	CULTE	DISIN	IPREA	LAGTE	MAN	PASTA	PETRO	PRATA	AÇUDE	ASSEN	CARCI		VRAST
AGUA	11.368,0	2,0	55,0	0,0	6,0	0,0	0,0	4,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	124,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	18,0	0,0	11.580,0
ALAGA	62,0	609,0	13,0	0,0	121,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,0	0,0	861,0
ARARI	72,0	0,0	1.017,0	92,0	713,0	0,0	0,0	249,0	0,0	16,0	0,0	39,0	27,0	6,0	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	36,0	11,0	2.289,0
ARUMI	5,0	0,0	45,0	57,0	112,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	14,0	32,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	64,0	337,0
CAABA	0,0	19,0	0,0	0,0	2.343,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,0	40,0	0,0	16,0	0,0	290,0	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	2.821,0
CABAF	0,0	0,0	0,0	0,0	209,0	3.656,0	614,0	0,0	0,0	389,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	310,0	0,0	0,0	5.178,0
CABUB	0,0	1,0	0,0	0,0	637,0	1.437,0	482,0	0,0	0,0	89,0	0,0	0,0	0,0	0,0	101,0	8,0	0,0	0,0	64,0	0,0	0,0	2.819,0
CASAL	1,0	0,0	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	242,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	257,0
CIDAD	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	85,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	92,0
CULTE	0,0	0,0	2,0	0,0	1.993,0	238,0	400,0	0,0	0,0	933,0	0,0	0,0	15,0	0,0	906,0	0,0	0,0	10,0	88,0	0,0	2,0	4.587,0
DISIN	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	76,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	88,0
IPREA	34,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,0
LAGTE	0,0	0,0	1,0	0,0	5,0	0,0	0,0	29,0	0,0	2,0	1,0	0,0	106,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	144,0
MAN	36,0	4,0	19,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	570,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	0,0	645,0
PASTA	0,0	0,0	0,0	0,0	61,0	0,0	64,0	0,0	0,0	529,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.648,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2.304,0
PETRO	0,0	0,0	0,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	56,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	91,0
PRATA	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0
SALCR	28,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	102,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	215,0	0,0	355,0
SALEV	81,0	0,0	0,0	0,0	20,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	65,0	0,0	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	441,0	0,0	625,0
VEDUN	20,0	0,0	10,0	1,0	1.231,0	0,0	0,0	0,0	0,0	110,0	9,0	29,0	62,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	197,0	1.672,0
Total	11.724,0	635,0	1.176,0	150,0	7.502,0	5.331,0	1.560,0	581,0	87,0	2.106,0	126,0	257,0	263,0	744,0	2.945,0	64,0	17,0	12,0	537,0	764,0	274,0	36.855,0

O período de 1996 a 2001 verificou uma mudança mais significativa no uso e ocupação do solo provocado pelo aparecimento de novos fatores, tais como: carcinicultura, açude, vegetação rasteira e assentamento, e pela quase extinção das salinas. Assim, novos rumos verificam-se na economia municipal. Fora a conversão das salinas em tanques de carcinicultura, a maior transformação observada deve-se ao surgimento de assentamento em áreas de caatinga arbórea arbustiva fechada (313 ha), o que traz como consequência a transformação desses remanescentes de caatinga de grande valor, em termos de biodiversidade, em áreas de atividades agrícolas.

Outro processo relevante observado foi a da transformação de áreas de cultura temporária em áreas de pastagens. Este processo ocorreu principalmente no período de 1989 a 1996, envolvendo 1.460 ha; no período de 1996 a 2001 a área envolvida foi de 889 ha. Por outro lado o inverso, isto é, a transformação de áreas de pastagens em áreas de cultura, também foi verificada, porém foi mais significativa no período de 1996 a 2001, quando 532 ha de pastagens foram transformadas em cultura temporária, enquanto que no período seguinte apenas três hectares foram envolvidos nesse processo. O balanço geral para todo o período envolvido (de 1989 a 2001) mostra um saldo positivo para as áreas de pastagens que tomaram 1.814 ha das áreas de cultura temporária (Tabela 9).

Tabela 9 – Mudança de uso do solo das classes *cultura temporária e pastagem*. para os períodos considerados, por área. Guamaré, 2001

Mudança de uso	Área (ha)		Total
	Período		
	1989/1996	1996/2001	
De cultura temporária para pastagem	1.460	889	2.349
De pastagem para cultura temporária	3	532	535
Diferença			1.814

Esses valores mostram uma dinâmica onde áreas, ora são áreas agrícolas, ora áreas de pecuária, alternando-se entre si, por exemplo, no primeiro período considerado houve uma migração de agricultura para pecuária, porém, o segundo período mostra um novo interesse pela agricultura, quando quase um terço das terras de pastagem voltou a ser agrícola. Essas mudanças provavelmente estão atreladas a variáveis da economia agropecuária estadual e federal, tais como preço de mercado, incentivos federais e estaduais, cotação do dólar, entre outras.

CONCLUSÕES

O uso do Sensoriamento Remoto, aliado às técnicas de processamento e aos novos sensores, em conjunto com os Sistemas de Informações Geográficas, comprovou-se ser uma ferramenta eficiente para acelerar e reduzir custos dos mapeamentos e da detecção de mudanças geoambientais. As imagens de satélite, depois de trabalhadas e integradas em um ambiente SIG, oferecem possibilidades interessantes e ainda pouco exploradas de gerarem informações precisas para avaliação e evolução de diversas variações temáticas da superfície terrestre.

Para a interpretação da evolução do uso do solo do Município de Guamaré (RN), a metodologia utilizada para o cruzamento multitemporal verificou-se de grande valor, já que se mostrou capaz de abranger detalhadamente um mosaico geoambiental complexo, como o observado na área de estudo. É importante salientar essa técnica de cruzamento, pela riqueza e relevância das informações geradas, pois possibilita a obtenção de informações acuradas das mudanças do uso do solo entre dois períodos, em termos quantitativo e qualitativo da mudança, isto é, onde, quanto e para que classe mudou.

Isto foi corroborado nesse trabalho quando, para o Município de Guamaré (RN), se verificou que as Tabelas 7 e 8 apresentaram detalhes da dinâmica de uso e ocupação do solo que não é detectada na Tabela convencional (Tabela 6). Esse confronto entre o uso de Tabelas convencionais, como no caso da Tabela 6, com as Tabelas produto do cruzamento pelo novo método, demonstrou que esse último se revela muito eficiente para a análise da dinâmica territorial de qualquer área de interesse.

O período de 1996 a 2001 verificou uma alteração mais significativa no uso e ocupação do solo provocado pelo aparecimento de novas classes, tais como: *carcinicultura*, *açude*, *vegetação rasteira* e *assentamento*, e pela quase extinção da classe *salinas*. Assim, novos rumos verificaram-se na economia municipal. Fora a conversão das salinas em tanques de carcinicultura, a maior transformação observa-

da deve-se ao surgimento de assentamento em áreas de caatinga arbórea arbustiva fechada (313 ha), o que traz como consequência a transformação desses remanescentes de caatinga de grande valor, em termos de biodiversidade, em áreas de atividades agrícolas.

Outro processo interessante observado foi o da dinâmica de retração e aumento das áreas de mangue, que parece ser mais influenciada por fatores naturais que antrópicas. Poderia se esperar que o surgimento da atividade da criação de camarão, para os anos analisados, afetasse o sistema manguezal porém, a transformação das salinas em tanques de carcinicultura impossibilitou um impacto relevante no mangue. Provavelmente o manguezal já sofreu esse impacto em épocas anteriores quando da instalação das salinas.

Em relação aos poços de petróleo, verificou-se que, apesar da Tabela 6 mostrar uma diminuição crescente da área de ocupação por poços de petróleo através dos anos considerados, que poderia nos levar a pressupor um abandono gradual de áreas destinadas à exploração de petróleo, na verdade as Tabelas 7 e 8 mostram uma dinâmica maior, havendo inclusive o acréscimo de áreas de exploração, demonstrando assim que ainda há interesse da exploração de petróleo em terra.

Em termos de uso e ocupação do solo, no Município de Guimarães (RN), a presença do Pólo Petrolífero de Guimarães não demonstrou influência direta sobre a dinâmica municipal. Em termos econômicos, o município parece mais afetado por variáveis macroeconômicas (estaduais e federais), apesar dos royalties (R\$ 6.225.759,34 em 1999, R\$ 7.484.262,58 em 2000 e R\$ 5.785.863,21 em 2001⁵) pagos pelas Petrobrás à prefeitura municipal.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte pela infraestrutura e por disponibilizar o Laboratório de Geoprocessamento (GEOPRO), à Agência Nacional do Petróleo/PRH-22 pela concessão de bolsa ao primeiro autor, aos projetos MARPETRO (FINEP/PETROBRAS/CTPETRO): Monitoramento Geoambiental de Áreas Costeiras na Zona Petrolífera de Macau, inserida no Estado do Rio Grande do Norte (RN), GERCO-IDEMA: Zoneamento Ecológico Econômico dos Estuários do Rio Grande do Norte, e PETRORISCO (FNDCT/FINEP/CNPq/CTPETRO: monitoramento ambiental das áreas de risco a derrames de petróleo e derivados.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. F. M.; HASSUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. 1977. Províncias Estruturais Brasileiras. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8., Campina Grande, 1977. **Anais...** Campina Grande: Sociedade Brasileira de Geologia, 1977. p. 242-258.
- ARARIPE, P. T.; FEIJÓ, F. J. Bacia Potiguar. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v.8, n.1, p.127-141, 1994.
- DSG - Diretoria de Serviços Geográficos. **Carta topográfica de Guimarães: MI899/1**. Brasília: DSG, 1988. Escala 1:50.000.

⁵ Fonte: Agência Nacional do Petróleo-ANP. www.anp.gov.br. Acessado em 12/2002.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, Rio de Janeiro: EMBRAPA, 412pg. 1999.

ER MAPPER. **ER Mapper version 6.0**. West Perth: Earth Resource Mapper Pty Ltd. 1 CD ROM. 1999.

ESRI Inc. **Arc View version 3.2**. California: Environmental System Research Institute Inc. 1 CD ROM. 1998.

GRIGIO, A. M. **Aplicação de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do Município de Guamaré (RN)**: simulação de risco às atividades da indústria petrolífera. 2003. 222f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.

GRIGIO, A. M.; AMARO, V. E.; VITAL, H. Análise multitemporal do uso e ocupação do solo do Município de Guamaré-RN, com base em produtos de sensoriamento remoto e sistema de informações geográfica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41., 2002, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBG, 2002. p 93.

GRIGIO, A. M.; CASTRO, A. F.; SOUTO, M. V. S.; AMARO, V. E.; VITAL, H. Análise e integração de imagens óticas na caracterização multitemporal do uso e ocupação do solo como apoio para a confecção do mapa de suscetibilidade ambiental do Município de Guamaré-RN. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO E GÁS, 1., 2001, Natal. **Anais...** Natal: UFRN, 2001. p.241.

GUEDES, I. M. G. **Mapeamento da área de influência dos dutos de gás e óleo do Pólo de Guamaré (RN)**. 2002. 78f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2002.

JARDIM DE SÁ, E. F. A. Evolução Proterozóica da Província Borborema. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 11., Natal, 1984. **Atas**, Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, 1984. p.271-297.

MESQUITA JUNIOR, H. N. de. **Análise temporal com sensor orbital de unidades fisionômicas de cerrado na Gleba Pé-de-Gigante (Parque Estadual de Vassununga – SP)**. 1998. 118f. Dissertação (Mestrado em Ecologia dos Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

PARANHOS FILHO, A. C. **Análise geo-ambiental multitemporal: o estudo de caso da região de Coxim e da bacia do Taquarizinho (MS – Brasil)**. 2000. 213f. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1997. 747p.

SILVEIRA, I. M. da. 2002. **Estudo evolutivo das condições ambientais da região costeira do Município de Guamaré – RN**. 2002. 177f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2002.

XAVIER DA SILVA, J. **Geoprocessamento: para análise ambiental**. Rio de Janeiro, 2001. 228p.

Recebido em agosto de 2004
Revisado em junho de 2004
Aceito em outubro de 2004