

Utilização de imagens Landsat e CBERS na avaliação da mudança do uso e cobertura da terra e seus reflexos na qualidade da água em microbacia hidrográfica do município de Paragominas, Pará.

Adriano Venturieri ¹
Ricardo de Oliveira Figueiredo ¹
Orlando dos Santos Watrin ¹
Daniel Markewitz ²

¹ Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental - EMBRAPA/ CPATU
Caixa Postal 48 - 66095-100 - Belém - PA, Brasil
{adriano, ricardo, watrin}@cpatu.embrapa.br

² Daniel B. Warnell School of Forest Resources - The University of Georgia
30605 - Athens - GA, USA
DMARKE@smokey.forestry.uga.edu

Abstract. As examples of human activities that may provoke changes in the stability and in the dynamic equilibrium of the river basin system, we have deforestation, burned areas, predatory agriculture, urbanization and other ways of soil occupation without any environmental planning. The combination of remote sensing (TM Landsat and CBERS images) and geoprocessing products and techniques are valuable tools to subsidize studies of the land use. The results in this first stage of the project indicate a relation between the increasing of the conductivity in the water of microbasin with the increasing of the plantation areas of grains and the decreasing of the primary and secondary forest areas (Capoeiras). The results show that the changes in the use of the land are provoking an increase in the concentration of the nutrients and a consequent diminution of the water quality of the Igarapé Cinquenta e Quatro.

Palavras-chave: land cover/land use changes, deforestation in Amazonia, hydric resources, mudanças na cobertura e uso da terra, desflorestamento na Amazônia, recursos hídricos.

1. Introdução

Para determinar níveis hierárquicos dentro de uma paisagem é importante definir o recorte espacial, sendo os mais comuns: limites políticos (nações, estados, municípios), biomas ou eco-regiões, bacias de drenagem e manchas *patches*. (Forman, 1995). Entretanto, há uma tendência, em nível mundial, para delimitar áreas de estudo por bacias hidrográficas, pois a água mantém uma relação estreita entre os outros componentes do ambiente com a atividade antrópica, caracterizando-se como um recurso, cuja existência e qualidade depende de como os outros são manejados (Andreoli e Souza, 1992).

A bacia hidrográfica é um excelente exemplo de sistema geomorfológico que recebe energia ou aportes a partir do clima reinante sobre a bacia e perde energia ou fornece saídas pela perda de águas e sedimentos, em grande parte através da sua foz (Gregory e Walling, 1985). Constitui-se assim, em unidade ambiental fundamental devido a sua significância para os processos fluviais e indiretamente para outros processos geomorfológicos, sendo uma unidade funcional de estudo cada vez mais utilizada por diferentes disciplinas.

Freqüentemente a grande extensão geográfica das bacias hidrográficas, associada às diversidades de clima, relevo, solos, vegetação, sistema de ocupação e uso da terra, além da carência de recursos materiais, humanos e financeiros, agregam alto grau de complexidade para o planejamento e execuções de ações integradas. Isso fez com que se optasse por uma unidade espacial menor denominada microbacia, cuja área varia de acordo com as peculiaridades locais e regionais (Brasil, 1988). As microbacias hidrográficas representam

unidades sistêmicas que permitem o conhecimento das interrelações dos fluxos de energia, matéria e de informações dos diversos fatores envolvidos no processo produtivo, com vistas a compatibilizar as atividades humanas com a preservação ambiental.

Considerando que as atividades antrópicas promovem a desestabilização do sistema reinante na microbacia hidrográfica, tais efeitos devem ser acompanhados e monitorados periodicamente. Dentre as atividades antrópicas capazes de provocar alterações na estabilidade e no equilíbrio dinâmico do sistema formado pela bacia hidrográfica, citam-se as derrubadas de florestas, queimadas, atividades agropecuárias predatórias, mineração, indústrias poluentes, urbanização e outras formas de ocupação do solo sem planejamento ambiental. Assim, para Osaki (1994), as mudanças e alterações quali-quantitativas na água dos rios resultantes das atividades antrópicas de uso, manejo e gestão podem ser facilmente detectadas através do monitoramento, controle e análise das vazões nos rios.

Nesse sentido, a expansão das pastagens cultivadas, dos grãos em sua larga escala e da agricultura familiar na Amazônia, suscitam novas preocupações com a relação a manutenção da sustentabilidade dos recursos naturais na região. Os elementos químicos presentes nos insumos agrícolas são adicionados ao meio ambiente, criando a necessidade de realizar avaliações tanto da interferência das respectivas atividades agropecuárias nos fluxos biogeoquímicos, como da contaminação do bioma por agroquímicos. Sabe-se que a natureza orgânica das moléculas dos pesticidas permite sua degradação, fazendo-se necessário estudar os destinos e as conseqüências do transporte destas moléculas e seus resíduos (Mattos e Silva, 1999). Quando os agrotóxicos são introduzidos, os recursos hídricos, sejam superficiais ou subterrâneos, aparecem como o principal destino final destes. Na maioria das vezes, a concentração dos pesticidas em água é baixa, em parte por serem, geralmente, pouco solúveis e em parte devido ao efeito de diluição. Entretanto, mesmo nestas concentrações, tais produtos representam riscos para algumas espécies de organismos aquáticos, que podem concentrá-las em até 1000 vezes (Ferracini *et al.*, 2001).

Na avaliação espacial de tal problemática, a combinação de produtos e técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento apresenta-se como ferramenta valiosa para subsidiar estudos da dinâmica do uso das terras, no âmbito da região amazônica. Considerando essas premissas, este trabalho teve como objetivo, a partir do uso integrado de sensoriamento remoto, geoprocessamento e análise química da água, avaliar como a dinâmica do uso da terra pode interferir na qualidade da água da microbacia do igarapé Cinquenta e Quatro, nordeste do Estado do Pará, de modo a subsidiar o planejamento do uso das terras e o manejo sustentável dos recursos disponíveis na área em questão.

2. Material e Métodos

2.1 Área de Estudo

A área de estudo corresponde a microbacia hidrográfica do igarapé Cinquenta e Quatro, tributário do rio Uraim, no município de Paragominas, cuja sede localiza-se a 320 quilômetros da cidade de Belém, capital do Estado do Pará. A microbacia ocupa uma área de 132 km² na região nordeste do Estado, entre as latitudes 02°54'20" e 03°04'30" S e longitudes 47°22'00" e 47°31'53" WGr. (**Figura 1**), sendo a malha viária existente subordinada a rodovia BR-010 (Belém-Brasília).

A microbacia de estudo encontra-se bastante antropizada, tendo a sua ocupação ocorrida sobretudo a partir do início da década de 70, para formação de pastagens em áreas de floresta ombrófila densa. Devido à baixa estabilidade dos sistemas de produção até então empregados, as pastagens sofreram um agudo processo de degradação, que, por sua vez, permitiu a formação de áreas de vegetação secundária ("juquira"), em vários estágios de sucessão. O uso

da terra principal ainda hoje é baseado em atividades pecuárias, porém nos últimos anos tem crescido o cultivo de grãos como arroz, milho e soja. A atividade de exploração madeireira, apesar de decadente, ainda apresenta um certo destaque na economia local.

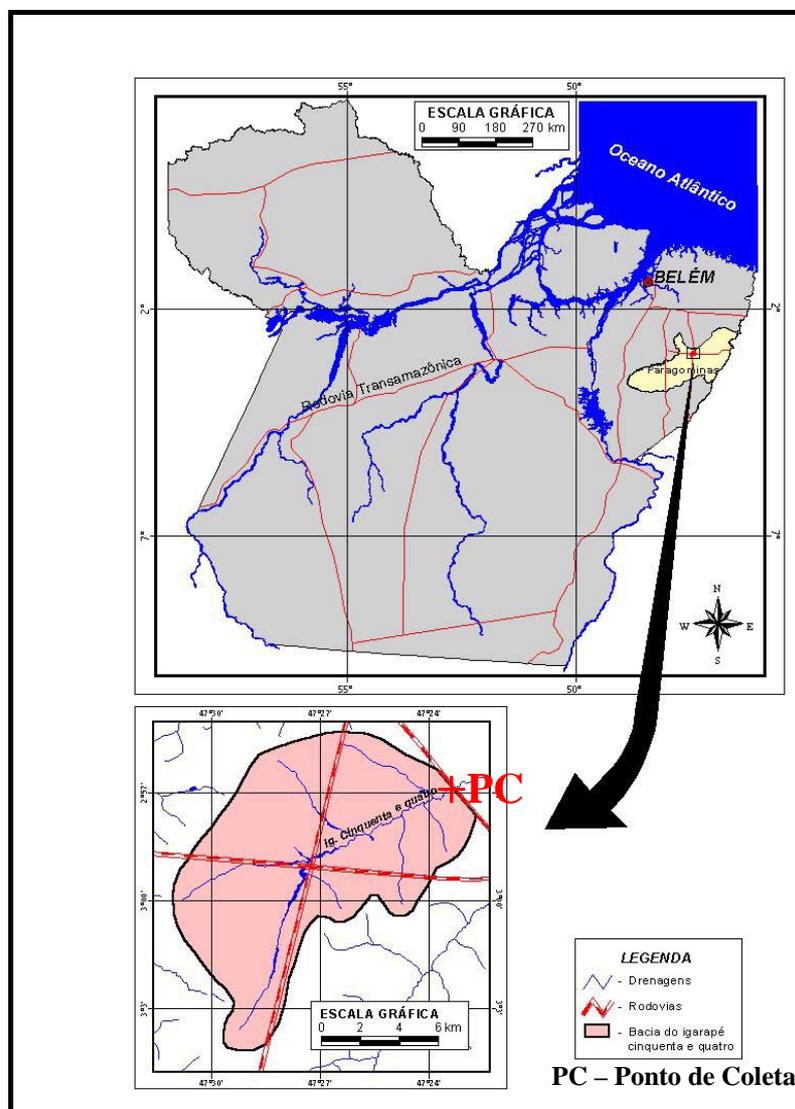


Fig.1 - Localização da área de estudo.

2.2 Geração de Imagens Temáticas de Cobertura Vegetal e Uso da Terra

Visando a caracterização da cobertura vegetal e do uso da terra nas áreas de estudo foram utilizadas imagens TM/Landsat (órbita/ ponto 222/062, bandas TM 3, 4 e 5) e CBERS (órbita/ ponto 160/103, bandas XS 2, 3 e 4), referentes às datas de 05/07/1996 e 13/06/2004, respectivamente. Para a delimitação da área de estudo foi utilizada a base cartográfica da DSG (folhas Paragominas-MI 543 e Paragominas-S-MI 604), na escala 1: 100.000.

A entrada e análise de dados georreferenciados foram conduzidas no programa SPRING for Windows, versão 4.0, sendo realizado primeiramente as operações de georreferenciamento/ registro de imagens. Para a execução do processo de classificação supervisionada por regiões (algoritmo Bhattacharya) para cada uma das datas consideradas, foi realizada a etapa de segmentação de imagens, a partir dos limiares 10 para similaridade e 8 para área, nas imagens TM Landsat, e 10 para similaridade e 14 para área nas imagens

CBERS (em função da diferença na resolução espacial) segundo a abordagem descrita com detalhes em Watrin *et al.* (2001). Assim, foram gerados produtos temáticos para cada ano envolvido no estudo, compreendendo as classes de Floresta, Capoeira (vegetação secundária em diversos níveis de sucessão), pastagem, área preparada para plantio, grãos e solo urbano.

2.3 Avaliação de Processos Biogeoquímicos

No âmbito das avaliações dos processos biogeoquímicos foram investigados os mecanismos e as taxas pelos quais as mudanças do uso da terra, em particular as atividades agropecuárias, modificam os fluxos biogeoquímicos e alteram a qualidade da água na bacia selecionada.

As águas fluviais foram coletadas no centro da corrente, a 20 cm de profundidade, em um ponto do canal principal na saída da bacia estudada (**Figura 1, PC**), contemplando assim a área drenada a montante. O intervalo desta amostragem dos igarapés foi variável, sendo por vezes diário e semanal nos anos de 1996 e 1997, e semanal, quinzenal e mensal nos anos de 2003 e 2004. Foram utilizados, para estas coletas de amostras, frascos plásticos (polipropileno), previamente lavados com água deionizada, com capacidade de 250 ml e boca larga. Estes frascos eram cheios até a boca para minimizar a presença de ar dentro deles e acondicionados sob refrigeração. Num prazo de 48 horas após a coleta as amostras de água foram determinadas, dentre outros parâmetros físico-químicos, a condutividade elétrica, por meio de um condutivímetro portátil (*VWR Traceable*) e em seguida as amostras foram filtradas para serem estocadas sob refrigeração até o momento de realizarem-se as análises para nutrientes em Belém (Embrapa Amazônia Oriental).

3. Resultados e Discussão

A utilização de imagens de períodos distintos do processo de ocupação da microbacia, possibilitou captar a conformação da paisagem em dois momentos marcantes do desenvolvimento da região. A imagem TM Landsat do ano de 1996 representa o período anterior ao início da mudança do sistema de produção dominante na região, a pecuária extensiva, para um novo, e agressivo, sistema baseado na mecanização da terra visando a produção de grãos (arroz, milho e soja), retratado na imagem CBERS 2004.

A **Figura 2** apresenta as imagens orbitais e suas respectivas classificações temáticas para os dois períodos analisados, aonde pode ser observado um maior detalhamento da legenda temática para o ano de 2004, em função da diversificação dos sistemas de produção. Além disso, deve-se destacar que as feições observadas em campo puderam ser claramente identificadas e mapeadas em função da excelente qualidade, radiométrica e espacial, das imagens CBERS, mostrando seu potencial para mapeamento temático, principalmente na região amazônica.

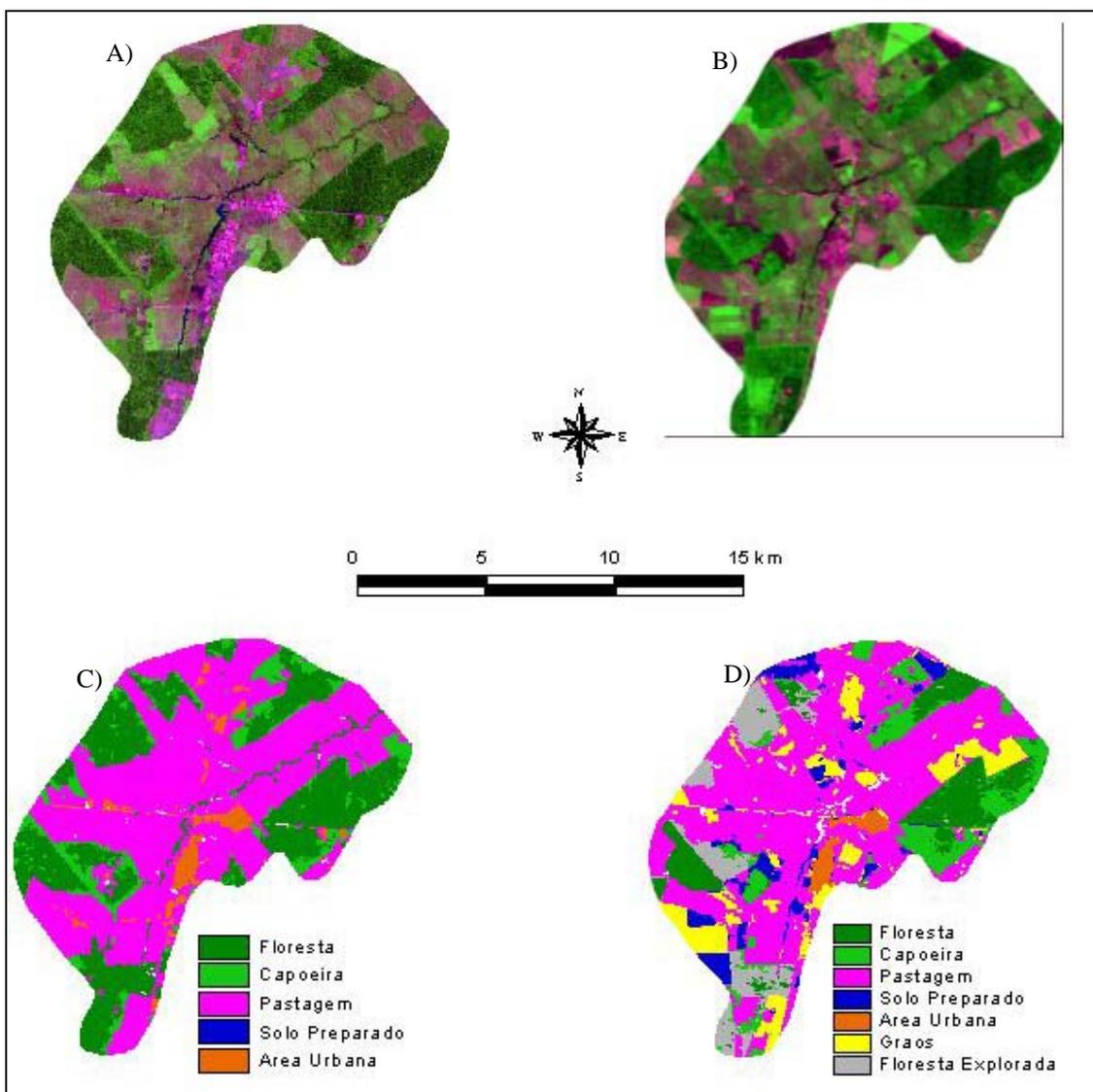


Fig. 2 – A) Imagem TM Landsat 1986; B) Imagem CBERS 2004; C) Temática Landsat 1996 e; D) Temática CBERS 2004.

Através da **Figura 3** observa-se a quantificação das classes de uso e cobertura da terra para os dois períodos de análise, onde se constata, além da perda da floresta, uma redução na área ocupada pelas “pastagens” e o surgimento das classes “solo preparado”, “grãos” e “floresta explorada”. Vale ressaltar que as classes “áreas preparadas” e “grãos” são destinadas à mesma atividade fim, ou seja a produção de grãos (arroz, milho e soja) utilizando elevado nível tecnológico. Apesar de estarmos analisando imagens temporalmente muito distantes, considerando a elevada dinâmica de mudança do uso da terra na Amazônia, devemos atentar para dois pontos importantes: a redução das áreas de pastagem corrobora, em parte, com o discurso dos produtores ao afirmarem que a implantação de grãos ocorre em áreas já utilizadas anteriormente. Porém, a drástica redução das áreas de floresta sinaliza para uma substituição de vegetação primária para atividades produtivas em expansão em toda a região amazônica.

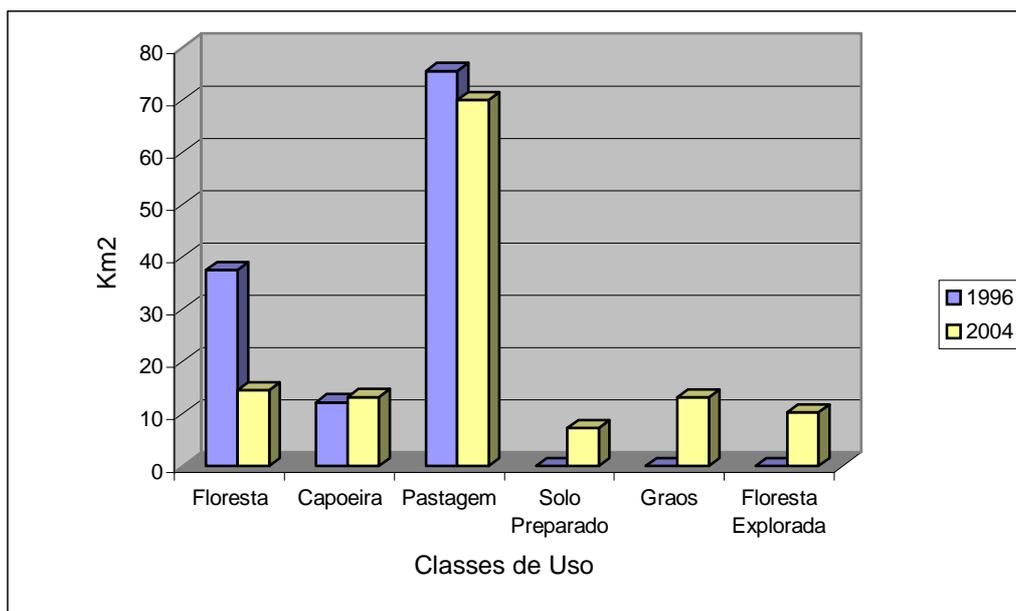


Fig. 3 – Quantificação das classes temáticas.

A **Figura 4** apresenta a relação entre a área ocupada pela floresta e a distância dos rios. Pode-se observar que no ano de 1996 existia cerca de 20,7 km² de floresta até 1000 m de distância dos rios, passando para cerca de 1,2 km² no ano de 2004. A redução da mata ciliar favorece não somente o processo erosivo mas, sobretudo, o escoamento superficial e sub-superficial das águas.

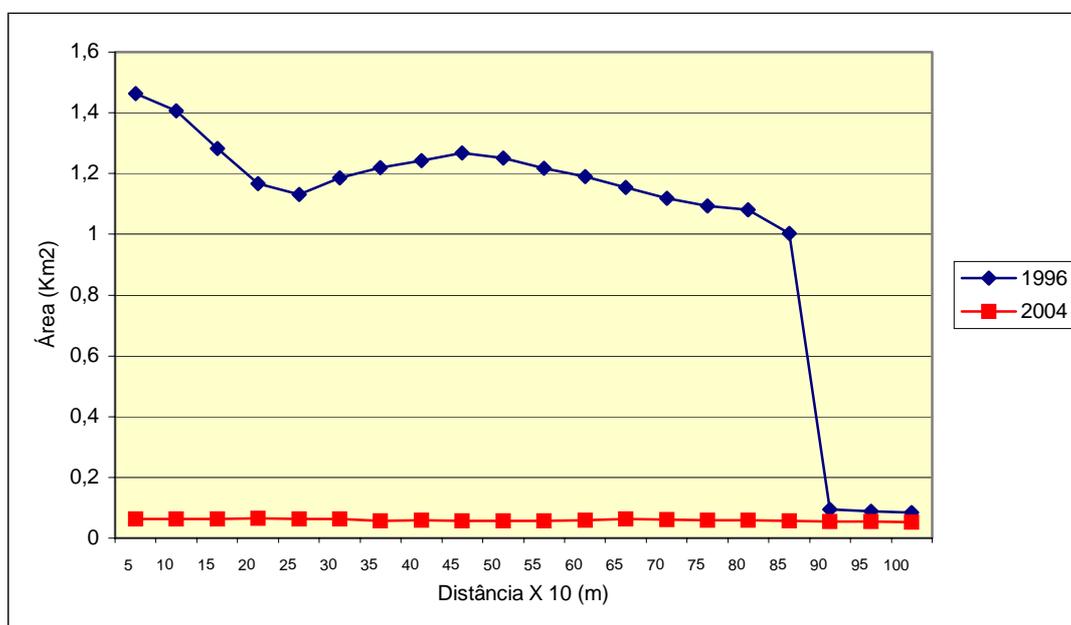


Fig. 4 – Relação entre área de Floresta e distância dos cursos d'água.

Na **Figura 5** observa-se que os valores de condutividade elétrica das águas do Igarapé Cinquenta e Quatro no período 1996-1997 limitam-se a faixa de 27 a 30 $\mu\text{S cm}^{-1}$, enquanto que no período 2003-2004 o valor mínimo da média mensal situa-se acima desta faixa de 1996-1997 e o valor mensal máximo atinge 39 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

Os valores de condutividade refletem as concentrações dos íons dissolvidos (Clesceris et al., 1998), que coincidem com os nutrientes que são transferidos dos solos das bacias hidrográficas para os corpos hídricos. Os valores medidos nas águas deste igarapé estudado são baixos quando comparados aos cursos d'água, onde os solos de suas bacias são mais férteis e assim contribuem mais com nutrientes para estes. As águas subterrâneas e superficiais de bacias com solos altamente intemperizados, como os da bacia estudada, possuem baixa condutividade.

Embora a condutividade ainda permaneça baixa em 2004, observou-se aumento substancial das médias mensais da condutividade de 1996, chegando a 30% para o mês de janeiro, ocasião em que a carga de nutrientes neste igarapé costuma ser mais elevada em função do início das chuvas. Estas chuvas promovem o aumento do escoamento superficial e sub-superficial, que promove um aumento significativo na transferência dos nutrientes presentes nos solos superficiais, conforme relatou Markewitz *et al.*, 2001.

Procedimentos analíticos e tratamento dos dados dos íons dissolvidos (cátions e ânions) encontram-se em curso no momento, e deverão evidenciar quais são os principais nutrientes responsáveis pelo aumento de condutividade observado nesta bacia. Comparando este aumento de condutividade com o aumento de áreas de plantio de grãos e a diminuição das áreas de florestas primárias (ainda que exploradas) e secundárias (as capoeiras), fica clara que estas mudanças de uso da terra estão provocando este aumento das concentrações de nutrientes, e a conseqüente diminuição na qualidade das águas do igarapé Cinquenta e Quatro.

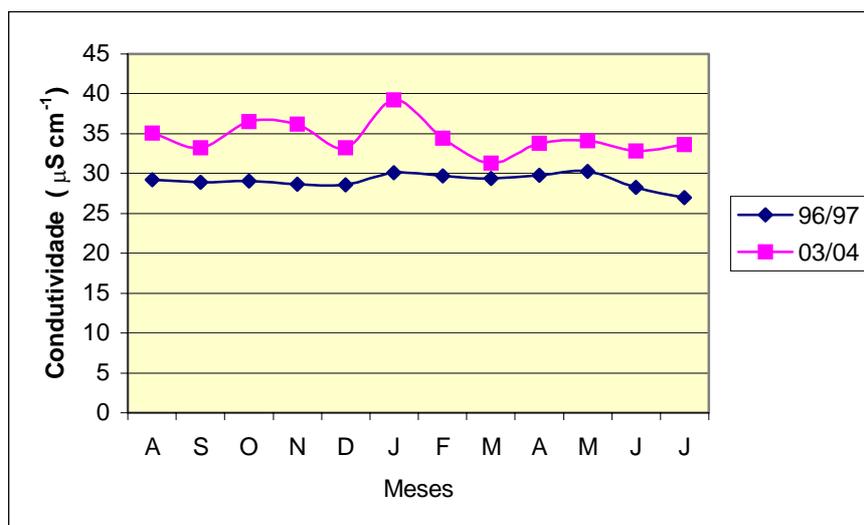


Fig. 5 - Média mensal da condutividade elétrica da água do Igarapé Cinquenta e Quatro, em dois períodos anuais (agosto/1996-julho/1997 e ago/2003-jul-2004)

4. Considerações Finais

- ❑ Apesar de ser uma região tradicional de criação de gado, e aparentemente consolidada em termos de exploração do espaço, o município de Paragominas continua sofrendo uma grande perda dos recursos florestais sendo, inclusive, o desmatamento de matas ciliares um dos maiores problemas na região.
- ❑ A utilização de imagens temporalmente distantes, 8 anos, não permite considerar a dinâmica da ocupação da terra, principalmente da conversão da floresta por outros tipos de uso. Porém, foi observada uma tendência deste processo de ocupação que deverá ser

alvo de pesquisa na continuidade do projeto, onde deverão ser utilizadas datas intermediárias visando observar os principais fluxos de mudanças.

- As elevações médias dos valores de condutividade das águas demonstram que a substituição da vegetação primária, principalmente as matas ciliares, por sistemas de produção agropecuários vem alterando a qualidade das águas na área de estudo. Este resultado pode ser estendido às diversas microbacias da região, visto que o sistema produtivo é semelhante em todo o município.
- As imagens CBERS foram de fundamental importância na condução dos trabalhos, visto que o tempo decorrido entre o período de aquisição e as observações de campo foi relativamente pequeno permitindo, desta forma, coletar informações precisas sobre os diversos tipos de uso da terra.

Referências Bibliográficas

ANDREOLI, C.V.; SOUZA, M.L.P. Gestão ambiental por bacias hidrográficas. In: Maimon, D. ed. **Ecologia e desenvolvimento**. Rio de Janeiro, APED, 1992. p. 99-118.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Microbacias**: produção auto sustentada. Brasília, DF, Folder de divulgação do PNMH, Ministério da Agricultura, 1988.

CLESCERI, L.S., et al. (eds.) (1998) Standard methods for examination of water and wastewater. 20th edition. Baltimore: United Book Press, p.2-24 a 2-46.

FERRACINI, V.L., PESSOA, M.C.Y.P., SILVA, A.S., SPADOTTO, C.A. A análise de risco de contaminação das águas subterrâneas da região de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA). **Pesticidas**: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, v. 11, p. 1-6, 2001.

FORMAN, R.T.T. **Land mosaics**: the ecology of landscapes and regions. Cambridge, UK: University Press. 1995. 631 p.

GREGORY, K.J; WALLING, D.E. **Drainage basin form and process**: a geomorphological approach. London: Edward Arnold Publishers Ltda. 1985.

MARKEWITZ, D., DAVIDSON, E.A., FIGUEIREDO, R.O., VICTORIA, R.L., KRUSCHE, A.V. Control of cation concentrations in stream waters by surface soil processes in an Amazonian watershed. *Nature*, v.410, p.802-805, 2001

MATTOS, L.M, SILVA, E.F. Influência das propriedades de solos e de pesticidas no potencial de contaminação de solos e águas subterrâneas. **Pesticidas**: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, v. 9, p. 103-124, 1999.

OSAKI, F. **Microbacias**: práticas de conservação dos solos. Curitiba: Agris. 1994. 603 p.

WATRIN, O.S.; SAMPAIO, S.M.N.; VENTURIERI, A. Dinâmica da vegetação e do uso da terra no “Polígono dos Castanhais”, Sudeste Paraense, utilizando geotecnologias. **Geografia**, v. 26, n. 3, p. 37-54, dez. 2001.