

XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

A SUSTENTABILIDADE NA AGRICULTURA E SUAS RELAÇÕES COM A QUALIDADE DAS ÁGUAS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS NA AMAZÔNIA ORIENTAL.

Ricardo de Oliveira Figueiredo¹

Resumo – Boas práticas agrícolas, incluindo a conservação da vegetação ripária, são fundamentais para a sustentabilidade na agricultura, haja vista suas implicações na quantidade e de qualidade da água e respectivo uso múltiplo na sociedade. Dessa maneira, também na Amazônia Brasileira onde a fronteira agrícola avança, os ecossistemas terrestres e aquáticos podem ser comprometidos em suas estruturas e funções, que incluem os fluxos de nutrientes, carbono e água. É nesse escopo que o presente trabalho interdisciplinar apresenta pesquisas científicas na Amazônia oriental, que visam compreender alguns processos naturais de ecossistemas em áreas sob expansão agropecuária. Suas principais conclusões são: (1) A pecuária e cultivo de grãos em larga escala na região estudada tem potencial para alterar as características naturais de seus pequenos rios e igarapés; (2) A agricultura familiar itinerante, cujo manejo resulta em muitas áreas de capoeira, ajuda na mitigação de impactos sobre rios e igarapés; (3) Se evitada a prática de derruba e queima, impactos indesejáveis sobre os cursos d'água serão evitados; (4) Em pequenas bacias da Amazônia oriental, assim como em outras regiões as boas práticas agrícolas e a presença da vegetação ripária natural são fatores de grande importância para a ciclagem hidrobiogeoquímica e a conservação do ecossistema aquático.

Abstract – Good agricultural practices, including riparian vegetation conservation, are basic tools for reaching agriculture sustainability since their links to water quantity and quality with respective multiple uses in the society. Therefore, also in the Brazilian Amazonia where agriculture frontiers are moving forward in the forest, terrestrial and aquatic ecosystems can have their structures and functions compromised, including nutrient, carbon and water fluxes. It is in this context that the present interdisciplinary report presents science research activities in the Eastern Amazonia which goal to understand ecosystems natural processes at areas under agriculture expansion. Their main conclusions are: (1) Large scale agriculture in the studied region has the potential to change the natural characteristics of their small rivers and streams; (2) The itinerant familiar agriculture, which management results in many secondary vegetation areas, can help to mitigate the undesirable effects to small rivers and streams; (3) If slash-and-burn practice is avoided for the land preparation, undesirable impacts will be prevented; (4) In small catchments of the Eastern Amazonia, as occurs in other regions, good agricultural practices and the presence of natural secondary vegetation are important factors for the hydrobiogeochemical cycling and the aquatic ecosystem conservation.

Palavras-Chave – igarapés, qualidade de água, uso da terra.

Key-words – Amazonian streams, water quality, land use.

¹ Afiliação: Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340 - Km 127,5 - Caixa Postal 69 - Jaguariúna - SP - 13820-000 - Brasil, Fone: (19) 3311-2771, Fax: (19) 3311-2640, E-mail: ricfig@cpma.embrapa.br

INTRODUÇÃO

Dentre os efeitos ambientais negativos sobre a qualidade da água fluvial e a saúde do ecossistema aquático ocasionados pela retirada da cobertura vegetal original pode-se citar: Aumento da radiação solar sobre a superfície dos cursos d'água; aumento do escoamento lateral e superficial dos solos para os cursos d'água carreando os nutrientes presentes no ecossistema terrestre; aumento dos processos de assoreamento dos corpos d'água; e compactação de solos de suas bacias. Com a implantação de atividades agropecuárias, em sequência ao desmatamento, os elementos químicos presentes nos insumos agrícolas são adicionados ao meio ambiente, criando a necessidade de que sejam realizadas avaliações hidrogeoquímicas tanto da interferência destas atividades agropecuárias nos ciclos biogeoquímicos (Neill *et al.*, 2001), como também da contaminação dos ecossistemas naturais por agroquímicos (Gomes e Spadotto, 2010).

Além disso, os ciclos biogeoquímicos nos rios e riachos estão intrinsecamente associados aos processos que ocorrem na zona ripária e nos ecossistemas presentes nas cabeceiras de suas bacias, os quais funcionam como corredores que conectam os ecossistemas terrestres com os rios maiores, fontes essenciais para a irrigação, indústria e uso pelas populações humanas (Lima, 2008). Tendo em vista que a escassez de recursos hídricos é hoje uma das maiores preocupações de cunho ambiental no planeta, é imprescindível que a qualidade deste recurso natural, assim como seu volume disponível, sejam alvo de pesquisas científicas que apoiem a gestão deste recurso e a utilização de áreas com atividades agropecuárias que compreendam bacias hidrográficas importantes local, regional e globalmente (Kulshreshtha, 1998).

Embora seja bem conhecidos os impactos derivados do desmatamento sobre os processos hidrológicos e biogeoquímicos em uma bacia de drenagem, na Amazônia não são muitos os experimentos de campo realizados, os quais ainda assim são geograficamente esparsos, dificultando a comparação de resultados em razão de outros fatores de influência como regime pluviométrico, altitude, influência marinha, topografia, tipo de solo, e etc. (Tomasella *et al.*, 2009). Assim, o propósito deste trabalho é discutir o resultado de pesquisas realizadas em pequenas bacias hidrográficas num cenário de mudança de uso da terra na Amazônia oriental, mais especificamente no nordeste do Estado do Pará, em duas situações de histórico de uso da terra diferentes em bacias sob condições biofísicas também distintas, a saber: 1) área de desmatamento recente com exploração madeireira seguida de pecuária extensiva e cultivo de grãos em larga escala, sob solos argilosos e período de estiagem longo (6 meses); 2) área de desmatamento mais antigo (maior que cem anos) com exploração madeireira seguida de agricultura familiar itinerante de derruba e queima, sob solos de textura média a arenosa e período de estiagem curto (3 meses).

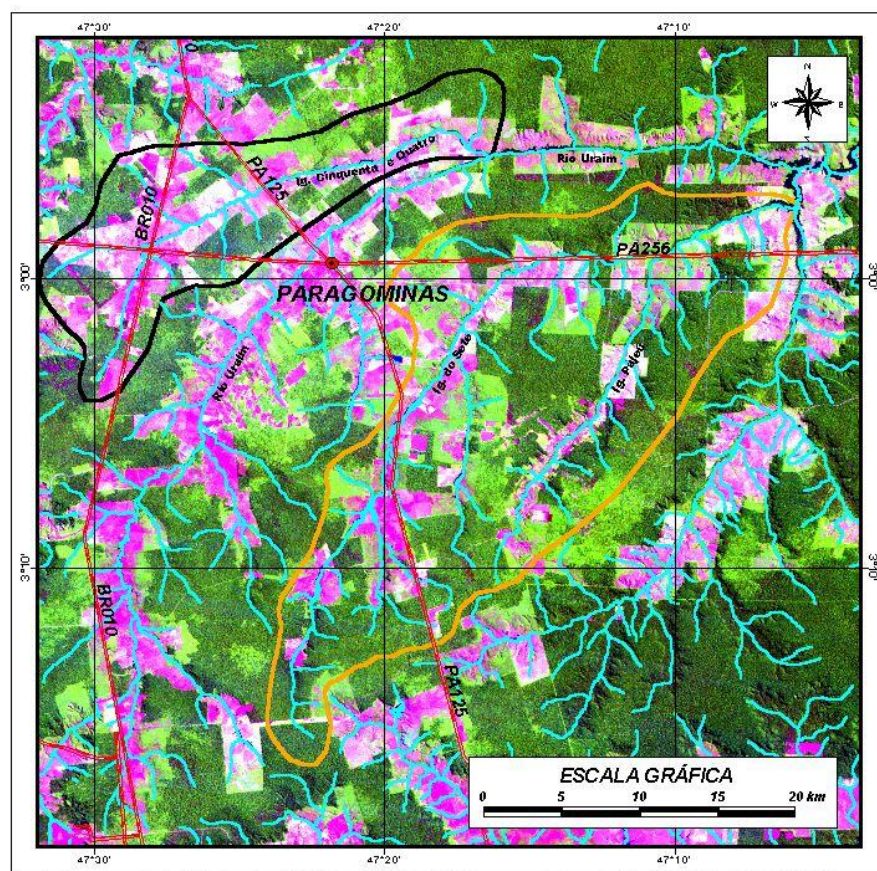
ESTUDOS EM BACIAS OCUPADAS POR PECUÁRIA E CULTIVO DE GRÃOS

Recentemente a política agrícola do governo paraense definiu o município de Paragominas como sede de pólo para o cultivo de grãos na região nordeste do estado. Esse polígono territorial, congregando vários municípios localizados às margens da Rodovia Belém-Brasília (BR-010), perfaz uma área aproximada de 2,5 milhões de hectares, a qual por quase 4 décadas era utilizada basicamente para implantação de pastagens, pecuária de corte e exploração madeireira. Como suas condições climáticas, de relevo e de solos não apresentam impedimento para a produção de grãos, esta tornou-se uma região propícia ao aumento considerável de área plantada para este cultivo, atraindo o interesse do agronegócio (El-Husny *et al.*, 2003).

No campo da biogeoquímica estudos apontavam modificações importantes nas áreas anteriormente queimadas (Markewitz *et al.*, 2006) para a implantação e renovação de pastagens nesta região (Figura 1). A água do solo havia se empobrecido em relação ao nitrato presente no ambiente florestal, e o cálcio proveniente dos aportes das cinzas das queimadas tendiam a lixiviar com o bicarbonato originado da matéria orgânica decorrente principalmente da ciclagem do ecossistema florestal original. Markewitz *et al.* (2001) publicaram que essas alterações eram as prováveis responsáveis pelo aumento de concentrações de alguns cátions medidos em períodos de maiores vazões num pequeno riacho - o Igarapé 54 - de uma sub bacia do Rio Uraim, contribuinte da bacia do Rio Gurupi, o qual drena para o Oceano Atlântico. Esse processo foi favorecido por outro relatado por Moraes *et al.* (2006), que observaram que com o desmatamento e o estabelecimento de uma pastagem por 30 anos a dinâmica hidrológica nesta bacia sofreu alteração importante: o escoamento superficial e sub-superficial aumentaram significativamente e a condutividade hidráulica dos solos diminuiu. Pequenas alterações na hidrogeoquímica fluvial desse igarapé ao longo desse processo de expansão das áreas de cultivo de grãos, mais precisamente entre os anos de 1996 e 2004 foi relatada por Venturieri *et al.* (2005), que observaram aumento nos valores de condutividade elétrica ao final deste período de 7 anos. O aumento citado esteve correlacionado com o aumento de área agrícola e decréscimo de áreas florestadas.

Um estudo bem mais exaustivo e detalhado conduzido nos anos de 2003 a 2005, revelou diversas tendências de alterações na hidrogeoquímica fluvial de cursos d'água de baixa ordem - Igarapé 54, Igarapé do Sete, Igarapé Pajeú - referentes a três pequenas bacias da região agrícola quando comparadas com microbacias ocupadas por florestas ainda preservadas numa localidade situada a cerca de 100 km destas bacias, no município de Capitão Poço, localizado no mesmo pólo regional. Figueiredo *et al.* (2010) observaram que: 1) na bacia com maior área desmatada ocorria no período de alta vazão um aumento de condutividade elétrica, alcalinidade e turbidez; 2) quando todos os dados hidrobiogeoquímicas e de uso da terra alimentavam um modelo de mistura, a

resposta ao aumento de área de pastagem em detrimento de florestas era que a condutividade elétrica aumentava; 3) as concentrações de nitrato, em geral elevadas sob condições de florestas primárias nas cabeceiras a montante, declinavam a medida que a área de pastagem aumentava a jusante, estas, no entanto, voltavam a aumentar mais a jusante com a presença de cultivos de grãos, ocupando inclusive áreas ripárias, em trecho de igarapé onde também ocorria queda das concentrações de oxigênio dissolvido (Figura 4); 4) O sódio, o cloreto e a turbidez também aumentaram como resposta ao aumento da área de grãos; 5) Os parâmetros mais simples e indicados para detectar os efeitos do uso da terra nesta região foram a turbidez, a temperatura, o pH e o oxigênio dissolvido.



Fonte: Imagem de Satélite Landsat 7 ETM+, WRS 227/062, composição colorida 4R5G3B de 24.07.2004.

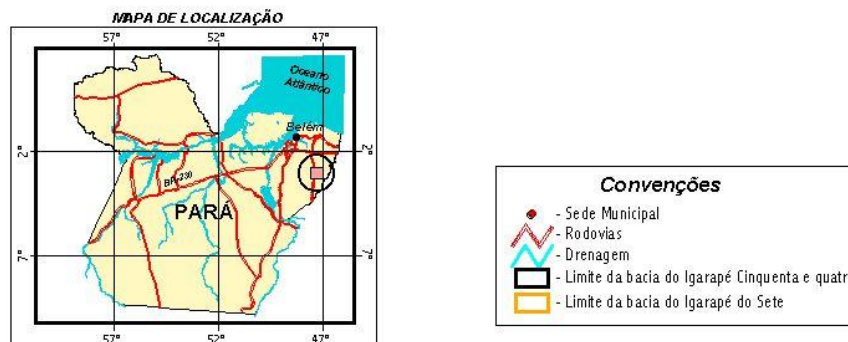


Figura 1 – Localização e imagem da região de Paragominas, com principais rodovias, limites das principais bacias estudadas e respectivos cursos d'água.

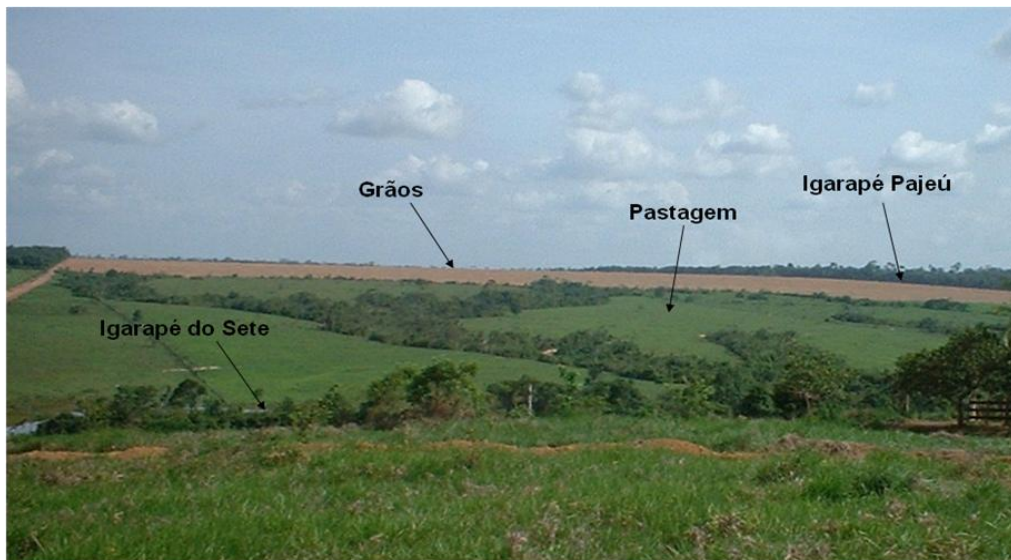


Figura 2 – Aspecto geral de uma paisagem em mudança: pastagens dando lugar ao plantio de grãos em divisor de águas de dois dos cursos d'água (Igarapé do Sete e Igarapé Pajeú). (Foto: Ricardo Figueiredo)



Figura 3 – A direita, igarapé que cruza área agrícola protegido por floresta ripária; a esquerda, igarapé que cruza área agrícola sem proteção de floresta ripária. (Foto: Ricardo Figueiredo)

No entanto, é importante destacar-se que diferentes concentrações de solutos em águas fluviais na Amazônia não são decorrentes apenas de mudanças no uso da terra e do desmatamento, mas suas concentrações naturais são sobretudo influenciadas pelos diversos tipos de solos, de maneira que a interação entre os dois fatores é o principal fator controlador da hidrobiogeoquímica fluvial (Davidson *et al.*, 2004), e onde outros fatores ambientais como vegetação, topografia, geologia e clima locais também influenciam. Markewitz *et al.* (2011), por outro lado, avaliaram em um banco de dados de 28 igarapés e rios na Amazônia e no Cerrado, incluindo os citados no presente trabalho, qual o papel da variabilidade temporal e sazonal, a ordem dos rios, a cobertura vegetal, o uso da terra, e o tipo de solo, utilizando modelos estatísticos e correlações entre a concentração de cálcio e a vazão. Uma de suas conclusões foi a de que nas regiões estudadas o uso

da terra, e sua cobertura vegetal associada, cumpre papel mais importante do que o tipo de solo nas relações entre concentrações dos solutos e vazões dos igarapés e rios.

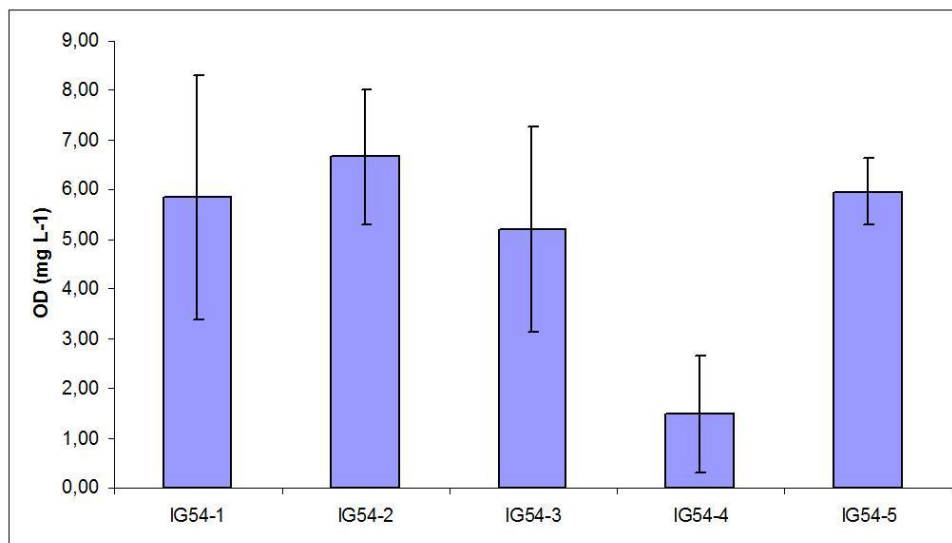


Figura 4 – Queda de oxigênio dissolvido (OD) na estação IG54-4 situada a jusante de plantio de grãos que ocupava área ripária do Igarapé 54 (média e desvio padrão de medidas mensais no período de junho de 2003 a maio de 2005).

Estudo realizado paralelamente, por Davidson *et al.* (2010), nas mesmas três pequenas bacias já citadas (54, do Sete e Pajeú), somadas às duas microbacias florestadas, mediu valores bem maiores de pressão parcial de CO₂ nas águas fluviais de cabeceira comparadas com as águas fluviais mais a jusante. Tal fato, aponta para uma diminuição na importância das emissões de CO₂ em sistemas fluviais de bacias desflorestadas na Amazônia.

Não obstante a área terrestre de uma bacia desflorestada possa ter um uso agropecuário intenso, ou mesmo urbano, a vegetação ripária cumpre, por sua vez, papel decisivo reciclando os nutrientes que escoam superficialmente e sub superficialmente nos solos até o curso d'água. Esta função filtrante é relatada para a região em foco por Figueiredo (2009), citando pesquisa que diagnosticou menores concentrações de solutos em águas dos solos marginais ocupados por floresta ripária em relação àqueles ocupados por pastagens.

Por outro lado, Neill *et al.* (2011) utilizaram análise de mistura de *end-member* (EMMA) para 10 pequenas bacias amazônicas, incluindo a do Igarapé 54, nas quais a química da águas fluvial e subterrânea, a solução do solo, o *throughfall* e a chuva foram medidas. Seus resultados apontam para o fato de que a contribuição do escoamento superficial para a hidrogeoquímica fluvial decresce de importância a medida que é maior a área da bacia. Já a solução do solo, segundo o mesmo estudo, teria contribuição similar para a água fluvial em qualquer das bacias avaliadas independente de seu tamanho (0,7 a 13.700 ha), enquanto que a contribuição da água subterrânea crescerá

proporcionalmente ao decréscimo da contribuição do escoamento superficial. Em ambos casos o aporte desses componentes da hidrosfera no ambiente fluvial pode conter assinatura química da agricultura praticada na bacia.

ESTUDOS EM BACIAS OCUPADAS POR AGRICULTURA FAMILIAR ITINERANTE

A outra situação relativa ao histórico de uso da terra apresentada no presente trabalho refere-se à região Bragantina, mais precisamente aos municípios de Igarapé-Açu e Marapanim, no nordeste do estado do Pará, a qual é caracterizada pela prática da agricultura familiar itinerante de derruba e queima, que consiste na derruba e queima da vegetação natural, cultivo agrícola de um a dois anos, seguido de pousio quando cresce a vegetação secundária (capoeira). Trata-se de um sistema de uso da terra, praticado há mais de cem anos nesta região, e que adota rotação com período de pousio suficientemente longo para permitir que a capoeira ocupe áreas expressivas ao lado das pastagens de propriedades de maior porte (Kato, *et al.*, 2006).

Os primeiros estudos relacionados à dinâmica de nutrientes pela via hídrica nesses sistemas detectaram o papel importante das raízes de capoeira na diminuição da lixiviação de nutrientes para os corpos d'água subterrâneos e superficiais (Sommer *et al.*, 2004). Tal situação de manutenção de raízes da vegetação de pousio, ainda que cortadas e trituradas, ou mesmo derrubadas e queimadas, no preparo de área para plantio, persiste em nível de paisagem, como observado por estudos em microbacias por Wickel (2004).

Em estudo comparativo de duas microbacias onde em uma delas a capoeira foi submetida a derruba e queima, enquanto que na outra o preparo de área para plantio foi realizado sem uso do fogo, isto é, pelo corte e trituração da capoeira, Wickel (2004) observou aumentos nas taxas de transferência de cálcio e magnésio da parte terrestre da bacia para os igarapés estudados. O mesmo autor aponta que na bacia do Igarapé Cumarú, ocupada por agricultura itinerante de longo histórico de uso, os valores de condutividade elétrica medidos não são elevados (25 a 35 μS), o que revela baixas concentrações de soluto na água fluvial. As concentrações maiores desses solutos, no entanto, ocorrem no início do período de chuvas, quando o escoamento superficial é mais eficiente carreando material para os igarapés, como as cinzas das queimadas realizadas na bacia.

O papel das queimadas na entrada de solutos na composição química das águas fluviais via escoamento superficial foi alvo de outros estudos na mesma bacia do Cumarú (Figueiredo, 2009). As águas de escoamento apresentaram maiores valores de pH (ponderados pelo volume escoado), refletindo o papel do elevado teor de cálcio, magnésio e potássio nas cinzas, tamponando a acidez dessas águas. Nesse experimento o escoamento da vegetação ripária apresentou valores de condutividade (ponderados pelo volume escoado) maiores que os dos cultivos agrícolas, fato que

aponta para a importância da vegetação ripária em suprir com nutrientes o ecossistema aquático. A condutividade no escoamento de uma área de vegetação ripária foi ainda maior quando este sofreu uma queimada acidental. Já na comparação entre as áreas plantadas onde o preparo de área foi realizado em duas situações diferente, com e sem uso do fogo, foi confirmado o maior transporte de cátions e ânions - cálcio, magnésio, potássio, sódio, sulfato e cloreto - no escoamento em áreas queimadas, sendo a condutividade maior nessa situação. No que se refere ao carbono orgânico no escoamento superficial, nos primeiros eventos este foi maior nas áreas queimadas, porém a situação se inverteu após os primeiros dois meses de chuva.

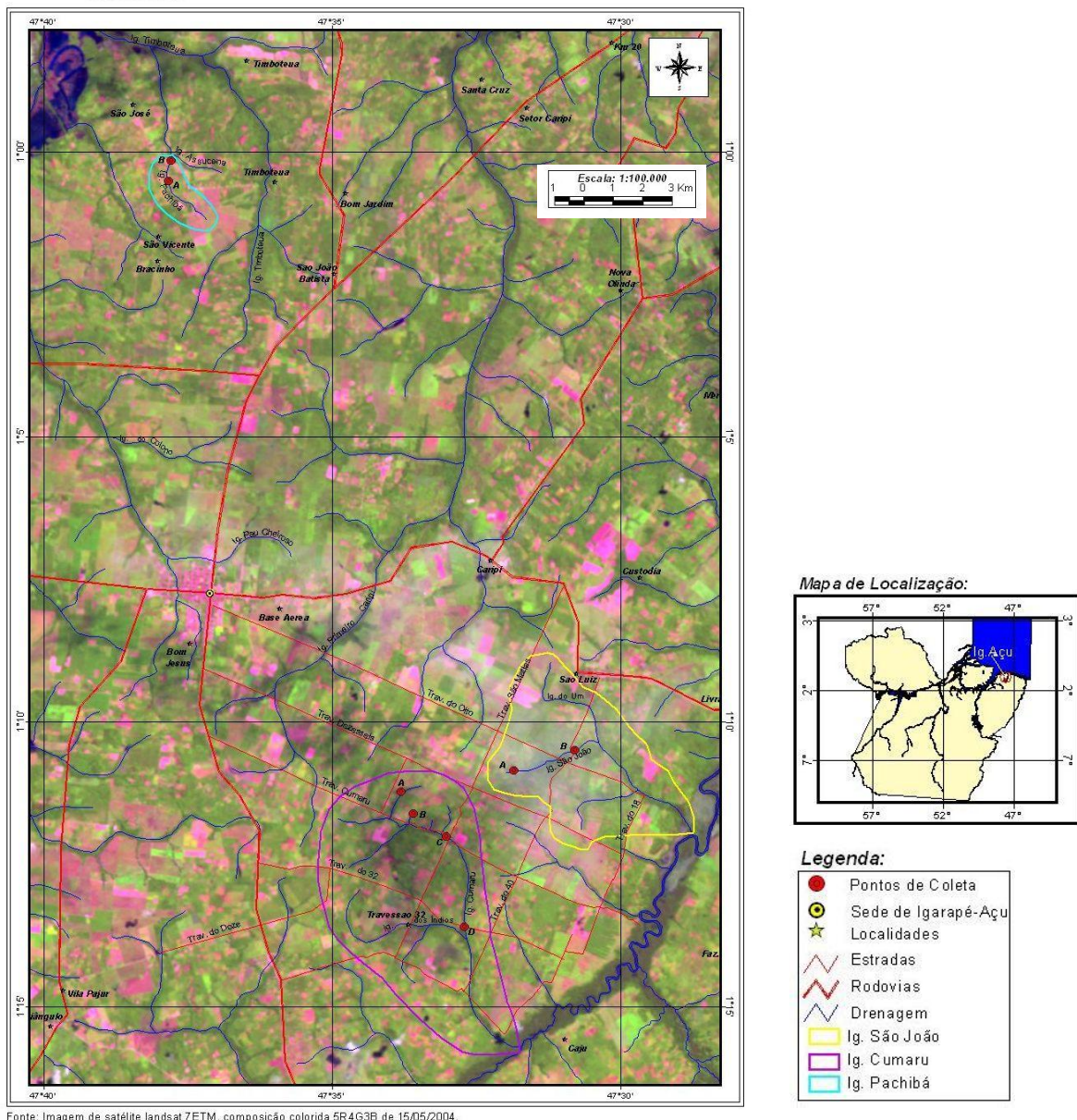


Figura 5 – Localização e imagem da região Bragantina, municípios de Igarapé-Açu e Marapanim, com principais rodovias, limites das principais bacias estudadas e respectivos cursos d'água.

Em relação ao carbono orgânico dissolvido (COD) nas águas do Igarapé Cumaru, conforme reportado por Figueiredo (2009), ocorrem maiores concentrações durante o período chuvoso. Além disso, tais concentrações quando comparadas com as dos igarapés de Paragominas, apresentaram-se mais elevadas, fato este possivelmente relacionado a diferença de solos entre as duas regiões, uma vez que os solos mais argilosos de Paragominas tendem a adsorver mais os compostos orgânicos solúveis do que os solos mais arenosos encontrados no Cumaru. Por sua vez, em estudo de três bacias na mesma região de agricultura familiar, também relatado por Figueiredo (2009), as concentrações de COD forma maiores em pontos mais a jusante dos cursos d'águas do que em suas cabeceiras a montante. Tal fato remete a possibilidade de que a vegetação secundária abundante nessas bacias sejam fontes importantes de COD, o qual encontra facilidade de lixiviação nos solos arenosos até alcançar os igarapés. No caso desses igarapés da Região Bragantina, os níveis de pressão parcial de CO₂ medidos apresentam taxas elevadas comparadas a outras medidas feitas em cursos d'água na Amazônia. Assim sendo ao contrário do que foi observado em Paragominas, nesta região, embora desflorestada, mas abundante em capoeiras oriundas do manejo da agricultura familiar, deve-se considerar a importância de seus sistemas fluviais nas emissões de CO₂ para fins de balanço de carbono na Amazônia.



Figura 6 – Aspecto geral de uma paisagem em mudança: agricultura familiar itinerante de derruba e queima, pastagens, capoeiras, e vegetação ripária. (Foto: Rolf Sommer)



Figura 7 – Na parte de cima, monitoramento de escoamento superficial e de águas da cabaceira da bacia do Igarapé Cumaru; na parte de baixo peixe, em igarapé da Região Bragantina e imagem igarapé cruzando área agrícola sob proteção de floresta ripária. (Fotos: Fabiola Costa, Gabriel Brejão e Projeto Agrobacias Amazônicas)

Figueiredo (2009) relata ainda que, quando comparada uma bacia do Cumaru, onde a área agrícola é maior e a pressão sobre a capoeira é maior, com sua bacia vizinha, a do Igarapé São João, foram observadas maiores mudanças na hidrogeoquímica fluvial conforme pode ser observado na Figura 8. Tal fato estaria refletindo principalmente a entrada de cátions por escoamento superficial provenientes das cinzas decorrentes da derruba e queima praticada na agricultura itinerante.

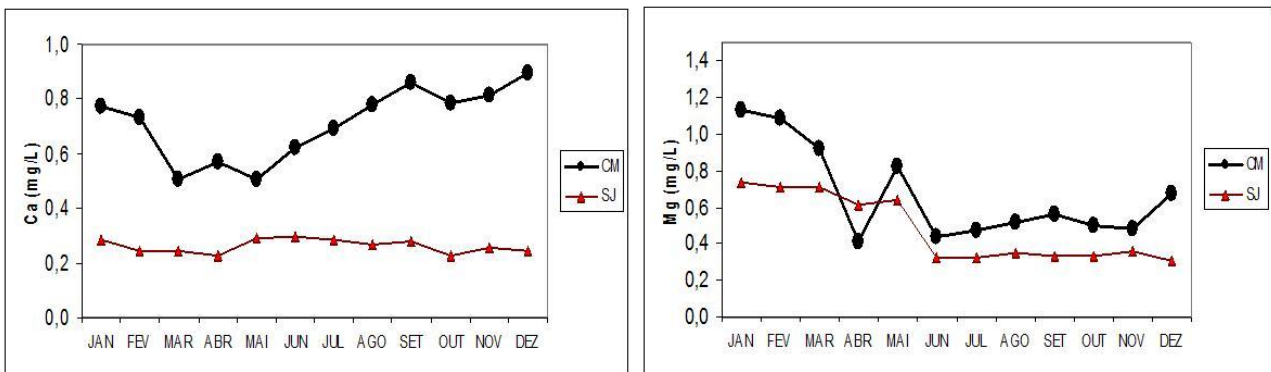


Figura 8 – Maiores concentrações de cálcio (Ca) e de magnésio (Mg) no Igarapé Cumaru (CM) em relação ao Igarapé São João (SJ). (As medidas foram mensais e corresponde ao período de janeiro a dezembro de 2006)

No que se refere à biodiversidade nos igarapés desta região algumas pesquisas, cujos artigos para publicação ainda estão em preparo, chegaram a resultados positivos surpreendentes. Uma primeira pesquisa, conduzida pelo engenheiro de pesca Jean Michel Correa, avaliou 2.177 indivíduos coletados no ano de 2007, revelando que nos igarapés Cumaru, São João e Pachibá tem-se a presença de 43 espécies, espécies distribuídas em sete ordens, 12 famílias e 27 gêneros. Numa outra pesquisa, realizada pelo biólogo Gabriel Brejão, foram amostrados dezoito trechos de canais em sete igarapés, entre junho e novembro de 2010, por meio de técnicas de censo visual (*ad libitum* e transecto linear), registrando-se 73 espécies distribuídas em seis ordens, 26 famílias e 63 gêneros. Tal fato demonstra que nesta região de agricultura familiar itinerante os igarapés ainda guardam certa integridade biótica.

No entanto, estudos que avaliaram o risco potencial de contaminação por agrotóxicos na mesma região, mais especificamente na bacia do Cumaru, demonstram que existe vulnerabilidade ambiental e a necessidade de medidas preventivas e emergenciais. Pessoa *et al.* (2010) reportaram que alguns pesticidas aplicados na lavoura do maracujá nesta região tem potencial para lixiviar, atingindo o lençol freático, onde ele é pouco profundo, e podendo impactar os ecossistemas aquáticos e terrestres. Os autores desta pesquisa recomendam o monitoramento da água e solo local no que refere aos agrotóxicos avaliados, e registram a utilização local de produtos não autorizados pelos órgãos governamentais para a cultura do maracujá.

CONCLUSÕES

Diante do exposto para as duas situações enfocadas - bacias ocupadas por pecuária e cultivo de grãos e bacias ocupadas por agricultura familiar itinerante - pode-se chegar as seguintes conclusões:

- A pecuária e cultivo de grãos em larga escala na região estudada tem potencial para alterar as características naturais de seus pequenos rios e igarapés;
- A agricultura familiar itinerante, cujo manejo resulta em muitas áreas de capoeira, pode ajudar na mitigação das alterações indesejáveis em pequenos rios e igarapés;
- Se adotada a prática de derruba e queima para preparo de área, impactos indesejáveis sobre os cursos d'água serão evitados;
- Em pequenas bacias da Amazônia oriental, assim como ocorre em outras regiões, o manejo dos cultivos agrícolas e a presença da vegetação ripária natural são fatores de grande importância para a ciclagem hidrobiogeoquímica e a conservação do ecossistema aquático.

As alterações relatadas para os cursos d'água avaliados reforça a necessidade de que práticas conservacionistas sejam priorizadas no setor agropecuário das regiões estudadas, tanto no âmbito da agricultura familiar como no do agronegócio empresarial. As chamadas boas práticas agrícolas, uma vez adotadas, poderão mitigar os impactos relatados e outros não monitorados ainda.

Dessa maneira, além de ações conservacionistas no manejo agropecuário, é importante que a qualidade das águas fluviais nas bacias das regiões em foco sejam monitoradas. Para isto, aponta-se como bons indicadores de sustentabilidade as medidas de pH, oxigênio dissolvido, turbidez e condutividade elétrica nas águas dos igarapés e pequenos rios. Trata-se de medidas que podem ser facilmente realizadas no campo por meio de equipamentos digitais portáteis.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a Orlando Watrin e demais membros da equipe do Laboratório de Sensoriamento Remoto pela confecção dos mapas apresentados nas Figuras 1 e 5.

BIBLIOGRAFIA

DAVIDSON, E.A., FIGUEIREDO, R.O., MARKEWITZ, D., AUFDENKAMPE, A.K. (2010). "*Dissolved CO₂ in Small Catchment Streams of Eastern Amazonia: A Minor Pathway of Terrestrial Carbon Loss*". Journal of Geophysical Research 115, G04005, doi:10.1029/2009JG001202.

DAVIDSON, E.A., NEIL, C., KRUSCHE, A.V., BALLESTER, M.V.R., MARKEWITZ, D., FIGUEIREDO, R.O. (2004). "*Loss of Nutrients from Terrestrial Ecosystems to Streams and the Atmosphere following Land Use Change in Amazonia*" in *Ecosystems and Land Use Change*. Geophysical Monograph Series 153. Org. DeFries *et al.*, ed. AGU, Washington, pp. 147-158.

EL-HUSNY, J. C., ANDRADE, E. B., SOUZA, F. B. S., SILVEIRA FILHO, A., ALMEIDA, L. A., KLEPKER, D. , MEYER, M. C. (2003). "*Recomendação de Cultivares de Soja para a Microrregião de Paragominas, Pará*". Comunicado Técnico 82, EMBRAPA Amazônia Oriental, Belém-PA, 6p.

FIGUEIREDO, R.O., MARKEWITZ, D., DAVIDSON, E.A., SCHULER, A.E., WATRIN, O.S., SILVA, P.S. (2010). "*Land-Use Effects on The Chemical Attributes of Low-Order Streams in The Eastern Amazon*". Journal of Geophysical Research 115, G04004, doi:10.1029/2009JG001200.

FIGUEIREDO, R.O. (2009) "*Processos Hidrológicos e Biogeoquímicos em Bacias Hidrográficas sob Usos Agrícola e Agroflorestal na Amazônia Brasileira*" in *Alternativa Agroflorestal na*

Amazônia em Transformação. Org. por Porro, R. ed. EMBRAPA Informação Tecnológica, Brasília - DF, pp. 477-500.

GOMES, M.A.F., SPADOTTO, C.A. (2010). "*Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil e suas Relações com as Atividades Agrícolas*", in *Planejamento Ambiental do Espaço Rural com Ênfase em Microbacias Hidrográficas: manejo de recursos hídricos, ferramentas computacionais e educação ambiental*. Org. por Gomes, M.A.F e Pessoa, M.C.P.Y., ed. EMBRAPA, Brasília - DF, pp.35-52.

KATO, O.R., KATO, M.S.A., CARVALHO, C.J.R., FIGUEIREDO, R.O., CAMARÃO, A.P., SÁ, T.D.A., DENICH, M., VIELHAUER, K. (2006) "*Uso de Agroflorestas no Manejo de Florestas Secundárias*", in *Sistemas Agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável*. Org. por Gama-Rodrigues, A.C. et al. ed. UENF, Campos dos Goytacazes - RJ, p. 119-138.

LIMA, W.P. (2008). "*Hidrologia Florestal Aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas*". ed. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba-SP, 245p.

MARKEWITZ, D., DAVIDSON, E.A., FIGUEIREDO, R.O., VICTORIA, R.L., KRUSCHE, A.V. (2001). "*Control of Cation Concentrations in Stream Waters by Surface Soil Processes in an Amazonian Watershed*". *Nature* 410, pp.802-805.

MARKEWITZ, D., FIGUEIREDO, R.O., DAVIDSON, E.A. (2006) "*CO₂-Driven Cation Leaching after Tropical Forest Clearing*". *Journal of Geochemical Exploration* 88, pp.214-219.

MARKEWITZ, D., LAMON III, C., BUSTAMANTE, M.C., CHAVES, J., FIGUEIREDO, R.O., JOHNSON, M.S., KRUSCHE, A., NEILL, C., SILVA, J. S.O (2011) "*Discharge–Calcium Concentration Relationships in Streams of the Amazon and Cerrado of Brazil: Soil or Land Use Controlled*". *Biogeochemistry*, DOI 10.1007/S10533-011-9574-2.

MORAES, J.M., SCHULER, A.E., DUNNE, T., FIGUEIREDO, R.O., VICTORIA, R.L. (2006). "*Water Storage and Runoff Processes in Plinthic Soils under Forest and Pasture in Eastern Amazonia*". *Hydrological Processes* 20, pp.2509-2526.

NEILL, C., DEEGAN, L.A., THOMAS, S.M., CERRI, C.C. (2001). "*Deforestation for Pasture Alters Nitrogen and Phosphorus in Soil Solution and Stream Water of Small Amazonian Watersheds*". *Ecological Applications* 11, pp.1817-1828.

NEILL, C., CHAVES, J. E., BIGGS, T., DEEGAN, L.A., ELSENBEER, H., FIGUEIREDO, R.O., GERMER, S., JOHNSON, M.S., LEHMANN, J., MARKEWITZ, D., PICCOLO, M.C. (2011) "Runoff Sources and Land Cover Change in the Amazon: An End-Member Mixing Analysis from Small Watersheds". *Biogeochemistry*, DOI 10.1007/S10533-011-9597-8.

PESSOA, M. C. Y., FIGUEIREDO, R.O., PEREIRA, A. S., CARVALHO, E.J.M., GOMES, M.A.F., LIMA, L.M., CRUZ, F.M., RODRIGUES, T.E. (2010) "Avaliação do Potencial de Riscos de Contaminação de Águas Superficiais e Subterrâneas por Agrotóxicos Aplicados na Cultura do Maracujá-Amarelo na Microbacia Hidrográfica do Igarapé Cumaru, Estado do Pará", in *Planejamento Ambiental do Espaço Rural com Ênfase em Microbacias Hidrográficas: manejo de recursos hídricos, ferramentas computacionais e educação ambiental*. Org. por Gomes, M.A.F e Pessoa, M.C.P.Y., ed. EMBRAPA, Brasília - DF, pp. 201-225.

SOMMER, R., VLEK, P.L.G., SÁ, T.D.A., VIELHAUER, K., COELHO, R.F.R., FÖLSTER, H. (2004) "Nutrient Balance of Shifting Cultivation by Burning or Mulching in the Eastern Amazon – Evidence for Subsoil Nutrient Accumulation". *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 68, pp.257-271.

SURENDRA N. KULSHRESHTHA (1998). "A Global Outlook for Water Resources To The Year 2025". *Water Resources Management* 12, pp.167-184.

TOMASELLA, J., NEILL, C., FIGUEIREDO, R.O., NOBRE, A.D. (2009). "Water and Chemical Budgets at The Catchment Scale Including Nutrient Exports from Intact Forests and Disturbed Landscapes" in *Amazonia And Global Change*. Geophysical Monograph Series. 186. Org. por Keller, M. et al., ed. AGU, Washington, pp. 505-524.

VENTURIERI, A., FIGUEIREDO, R.O., WATRIN, O.S., MARKEWITZ, D. (2005). "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, PA" in *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Cachoeira Paulista, Abr. 2005*, pp.1127-1134.

WICKEL, B. A. J. "Water and Nutrient Dynamics of a Humid Tropical Watershed in Eastern Amazonia". *Ecology And Development Series*, 21. UNIBONN: ZEF, 135p.