

VARIABILIDADE TEMPORAL DA CONCENTRAÇÃO DE CARBONO PARTICULADO NA PLATAFORMA CONTINENTAL NORTE BASEADO EM DADOS DE SENSORES REMOTOS

Alvaro José Reis Ramos¹, Jessyca Fernanda dos Santos Duarte², João Almiro Corrêa Soares¹, Rebeca Suely Gabriella Soares Carneiro²

¹Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Brasil

RESUMO

Os componentes orgânicos e inorgânicos são considerados essenciais para a manutenção dos ecossistemas aquáticos, em particular na troca de gases entre ar e água, influenciando assim, o ciclo do carbono no meio marinho. Para se compreender o dinamismo dos fluxos no balanço de carbono na região marinha e obter estimativas preliminares de possíveis alterações, o acompanhamento através de técnicas efetivas para geração de séries históricas é essencial. Para tanto, o presente estudo teve por objetivo avaliar temporalmente a distribuição dos padrões de carbono orgânico particulado (POC) e carbono inorgânico particulado (PIC) na plataforma continental norte, porção pertencente ao estado do Pará. No estudo foram utilizadas imagens do sensor MODIS-AQUA, no período que compreende os anos de 2013 a 2016, processando as informações no *software* SEADAS, para obtenção de dados referentes à modificação nas concentrações das grandezas através do uso de algoritmos bio-ópticos. De maneira geral, ficou evidente uma grande variabilidade mensal de produtividade sobre a plataforma, onde as concentrações de carbono orgânico particulado (mg/m^3) foram mais incidente nos meses de elevada pluviosidade, em contrapartida os números de carbono inorgânico particulado (mol/m^3) são mais elevados no período considerado seco na região.

Palavras chave: Componentes particulados, Variação, Sensoriamento remoto

ABSTRACT

Os componentes orgânicos e inorgânicos são considerados essenciais para a manutenção dos ecossistemas aquáticos, em particular na troca de gases entre ar e água, influenciando assim, o ciclo do carbono no meio marinho. Para se compreender o dinamismo dos fluxos no balanço de carbono na região marinha e obter estimativas preliminares de possíveis alterações, o acompanhamento através de técnicas efetivas para geração de séries históricas é essencial. Para tanto, o presente estudo teve por objetivo avaliar temporalmente a distribuição dos padrões de carbono orgânico particulado (POC) e carbono inorgânico particulado (PIC) na plataforma continental norte, porção pertencente ao estado do Pará. No estudo foram utilizadas imagens do sensor MODIS-AQUA, no período que compreende os anos de 2013 a 2016, processando as informações no *software* SEADAS, para obtenção de dados referentes à modificação nas concentrações das grandezas através do uso de algoritmos bio-ópticos. De maneira geral, ficou evidente uma grande variabilidade mensal de produtividade sobre a plataforma, onde as concentrações de carbono orgânico particulado (mg/m^3) foram mais incidente nos meses de elevada pluviosidade, em contrapartida os números de carbono inorgânico particulado (mol/m^3) são mais elevados no período considerado seco na região.

Keywords: Particulate components, Variation, Remote sensing

1- INTRODUÇÃO

A plataforma amazônica é considerada a principal feição oceanográfica presente na região norte do país, principalmente por conta da descarga de grandes rios, essencialmente o rio Amazonas, os quais influenciam diretamente processos biogeoquímicos na planície costeira e oceano adjacente (Miranda 1998). Segundo Daag *et al.* (2004), as descargas dos rios são importantes fontes e materiais orgânicos e inorgânicos

substanciais para a manutenção de organismos aquáticos no ambiente costeiro e oceânico.

Os compostos carbônicos no meio aquático são considerados, para Esteves (1998), essenciais fontes de energia para bactérias e algas, deste modo, apontados como fundamentais na cadeia alimentar, agindo como agentes reguladores nas atividades fotossintéticas, principalmente através de mudanças quantitativas da radiação na coluna d'água. Tais

compostos interferem sobremaneira na produtividade primária aquática, assim como na qualidade da água no meio. Palhota (2007) expõe a relevância destes compostos, descrevendo o meio aquático como maior reservatório de carbono ativo na biosfera. O autor ainda enfatiza a ampla aceitação dos materiais orgânicos como dinâmicos na interação entre geosfera, hidrosfera e biosfera, apresentando potencial para influenciar no ciclo global do carbono.

Diante da relevância no estudo destes componentes químicos no meio aquático, IOCCG (2000) relata sobre a importância do sensoriamento remoto no estudo de parâmetros das propriedades ópticas na água, descrevendo sua qualidade, produtividade, além de estimativas dos componentes presentes no ambiente responsáveis pela variação da radiação eletromagnética (REM). Para Bukata *et al.* (1995) a radiação que ascende da coluna d'água é uma consequência do efeito cumulativo direto da absorção e espalhamento espectral seletivo que pode ser atribuído aos materiais orgânicos e inorgânicos. Perante o que foi exposto e observando a relevância no estudo de compostos carbônicos na água, o presente estudo buscou avaliar a variação nos percentuais de materiais particulados na plataforma amazônica, especificamente na região conhecida como "área da lixeira", ambiente marinho protegido, através de técnicas de avaliação bio-ópticas e dados do sensor MODIS-AQUA.

2- MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende zonas pertencentes à plataforma continental amazônica, na desembocadura dos rios Amazonas e Pará, em um sítio conhecido como "área da lixeira" compreendida entre as longitudes de 46°50'W e 48°00'W e os paralelos 0°00' e 1°30'N (IBAMA, 2000). O local é conhecido por ser um relevante polo econômico, que atua principalmente na captura de camarões, é conhecida também pela riqueza biológica, possuindo significância pela elevada descarga de nutrientes provenientes dos rios amazônicos interagindo com os ciclos biogeoquímicos no ambiente marinho, o que denota notoriedade na manutenção dos estoques pesqueiros para a região.

Foram utilizadas imagens do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), apresentando resolução de 4 km, aderido na plataforma AQUA visando adquirir as concentrações superficiais de carbono orgânico particulado (POC) e carbono inorgânico particulado (PIC). Para tanto, o estudo dispôs de imagens distribuídas em séries temporais anuais no período que compreende os anos de 2013 a 2016.

As informações orbitais foram processadas no *software* SEADAS (*SeaWiifs Data Analysis System*), visando adquirir os valores médios de componentes orgânicos e inorgânicos para a área de estudo. Foi criado polígono do local em formato *shapefile* através

das coordenadas geográficas para a área, o qual foi posteriormente exportado e recortado através de aplicações de rotina do *software*. No trabalho foram observadas duas imagens mensais, correspondendo a 24 imagens anuais, no período de 04 anos totalizando 96 imagens. No estudo cada mês foi tratado como uma série temporal independente, sendo analisadas separadamente. Os dados de PIC foram trabalhados em level-3 seguindo o modelo padrão de Balch e Gordon (2005) o qual descreve um algoritmo híbrido de consultas pré-computadas e de abordagens independentes, utilizando as bandas 02 e 03 fazendo uso do coeficiente de retrodifusão total, computando grandezas elementares e comparando às investigações obtidas *in situ*. No SEADAS a validação do pixel para o algoritmo é dado pela expressão: $pic \geq -0.00000$; $pic \leq 0.12500$, e a unidade trabalhada para carbono inorgânico é estimada em mol/m^3 . As informações de POC foram trabalhadas em level-2 seguindo o algoritmo de Stramski (2007) calculado através de uma razão empírica derivada de medições *in situ* e estabelecendo relações com as reflectâncias da banda azul em sensores remotos, para se obter os dados de carbono orgânico através deste algoritmo, é imprescindível observar o intervalo de comprimento de onda das bandas de sensores remotos os quais devem estar próximos de 443 e 555 nm. O modelo genérico de POC é fornecido pela expressão: $poc \geq -0.00010$; $poc \leq 999.99992$, e a unidade básica para o componente é fornecido em mg/m^3 .

Após a aplicação dos algoritmos e avaliação das composições médias de carbono para o local, foram realizadas ponderações estatísticas por meio das amostras geradas visando analisar diferenças ou igualdades das médias de POC e PIC na zona de estudo, adequando testes de normalidade e posteriormente análises de variâncias adequadas. Além da elaboração de mapas representativos que indicaram as amplitudes mensais de componentes carbônicos presentes na plataforma.

3- RESULTADOS

As investigações dos valores de carbono particulado objetivaram obter a produção das médias de compostos carbônicos para o período analisado, além de tentar analisar possíveis mudanças e inferir causas resultantes. Os produtos gerados a partir do processamento de imagens MODIS e conversões para grandezas de PIC e POC para cada ano são descritos na figura 01, compreendendo meses caracterizados como verão amazônico.

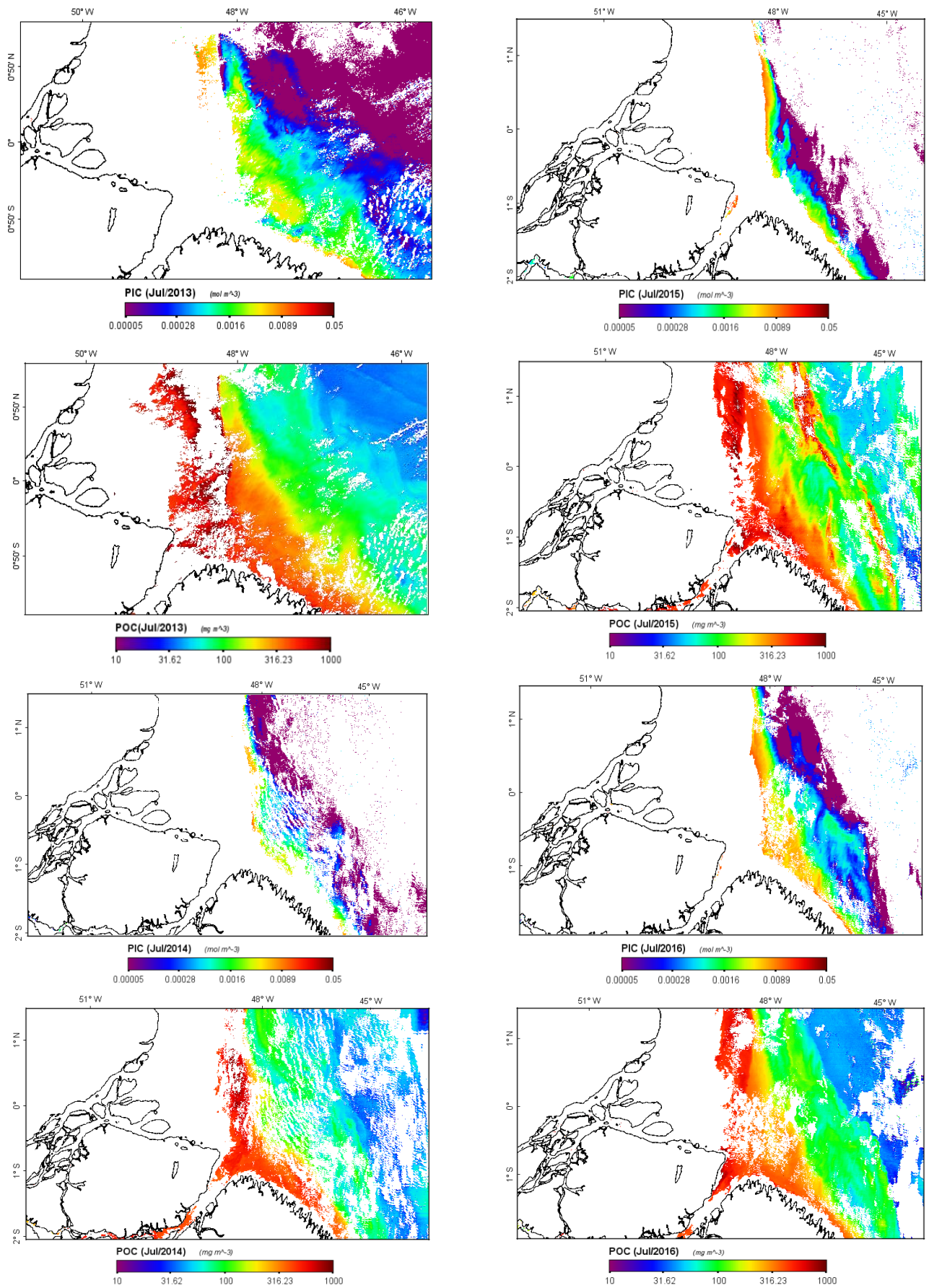


Fig. 1- Médias anuais de POC e PIC para o mês de Julho.

A partir dos resultados obtidos foi possível observar que a média anual de carbono inorgânico particulado no ano de 2014 foi inferior se comparada aos demais períodos avaliados (figura 02), chegando a $0,000644893 \text{ mol/m}^{-3}$ e o ano de 2013 apresentou a maior média para o período analisado, atingindo $0,00132503 \text{ mol/m}^{-3}$. Para as unidades componentes COP (figura 03), o ano de 2016 representou o período de menor demanda atingindo $163,7876333 \text{ mg/m}^{-3}$, analogamente o ano de 2013 demonstrou maiores valores de carbono orgânico particulado, representando $225,366367 \text{ mg/m}^{-3}$.

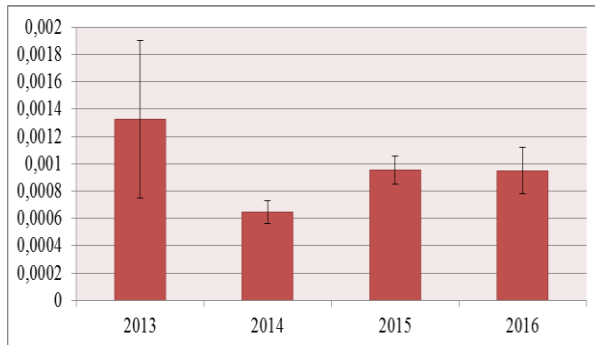


Fig. 2- Médias anuais de PIC (mol/m^{-3}) e barras de erro padrão.

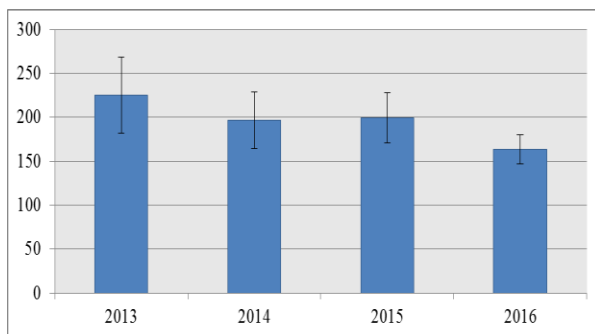


Fig. 3- Médias anuais de POC (mg/m^{-3}) e barras de erro padrão.

As componentes mensais para os 04 anos estudados indicam que, as medidas de POC se mostram elevados principalmente no período chuvoso, considerado inverno amazônico correspondendo essencialmente aos meses que vão de dezembro a maio, no período de maiores descargas fluviais amazônicas (figuras 04 e 05). Demonstrando a interferência dos ciclos hidrológicos dos rios presentes na região para dissolução de materiais sedimentares na plataforma e, por conseguinte, sua participação nos ciclos biogeoquímicos do local estudado. Em contrapartida, os valores mensais de PIC são superiores nas estações mais secas, considerado verão amazônico.

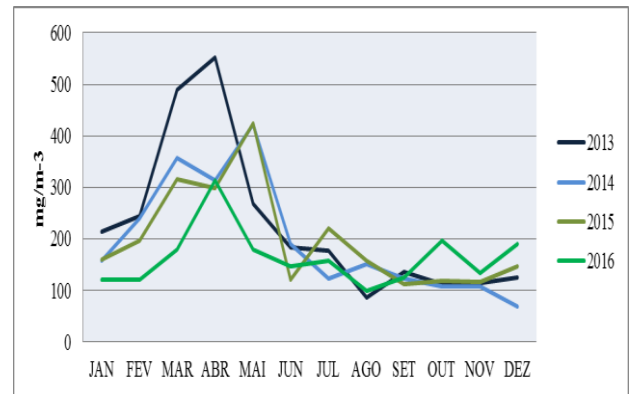


Fig. 4- Médias mensais de PIC (mol/m^{-3}).

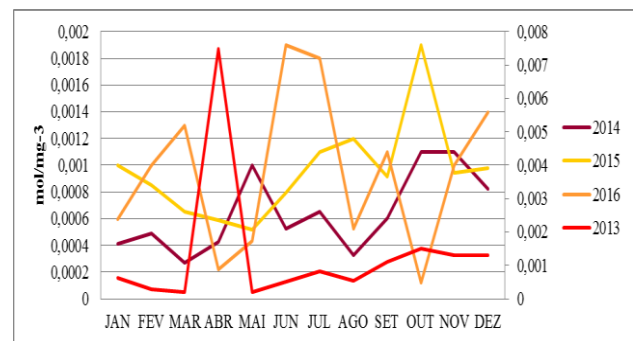


Fig. 5- Médias mensais de PIC (mol/m^{-3}).

De modo geral, os resultados reforçam relações investigadas por Mayorga *et al.* (2005) o qual relata que as terras amazônicas são locais de intensa diversidade e atividades biológicas onde os ciclos anuais de produção e decomposição podem resultar no sequestro ou emissão de um volume de carbono globalmente significativo, e as áreas alagáveis transportam grande quantidade de material orgânico particulado carregando esse material para outros ecossistemas aquáticos e terrestres, principalmente nas estações de cheia. Ainda neste contexto, Hansen *et al.* (2004) explicou que, os fluxos de carbono possuem grande influência associados ao perfil climático terrestre da região, e como consequência as estimativas de balanço de carbono mensais nas águas costeiras amazônicas estão sujeitas a intensas alterações. Vale ressaltar o papel de fenômenos atmosféricos que podem influenciar sobremaneira nos ciclos ecossistêmicos presentes nas massas oceânicas e costeiras, como o El Niño e La Niña.

A quantificação das médias mensais para o período permitiu aplicação de testes estatísticos adequados para avaliação de possíveis diferenças entre as concentrações de COP e CIP para a área entre 2013 e 2016. Deste modo, o teste F concluiu aceitação da hipótese de nulidade, descrevendo que não existiram diferenças estatisticamente significativas entre as médias mensais tanto para carbono inorgânico quanto para carbono orgânico particulado na região (figuras 06 e 07).

| | SQ | GL | MQ | F | Valor-P | F crítico |
|-------------|----------|----|----------|----------|----------|-----------|
| Tratamentos | 22938,33 | 03 | 7646,111 | 0,637728 | 0,594746 | 2,816466 |
| Resíduo | 527542,6 | 44 | 11989,61 | | | |
| Total | 550481 | 47 | | | | |

Fig. 6- Anova POC.

| | SQ | GL | MQ | F | Valor-P | F crítico |
|-------------|-------------|----|----------|----------|----------|-------------|
| Tratamentos | 2,78915E-06 | 03 | 9,3E-07 | 0,818587 | 0,490579 | 2,816465817 |
| Resíduo | 4,99733E-05 | 44 | 1,14E-06 | | | |
| Total | 5,27624E-05 | 47 | | | | |

Fig. 7- Anova PIC.

4- CONCLUSÃO

O processamento de imagens do sensor MODIS apresentou resultados satisfatórios quando a análise dos padrões de componentes particulados. Pertinente ao estudo realizado é notório o fomento de discussões acerca de fatores que possam vir a realizar alterações significativas nos parâmetros físico químicos da água, além de fornecer dados relevantes quanto ao estudo em escala geográfica espacial elevada, ademais ajuda a entender de maneira objetiva a dinâmica o histórico do balanço geral de carbono em áreas marinhas consideradas protegidas na Amazônia, fomentando discussões acerca de possíveis agentes modificadores destes padrões e suas possíveis causas para o meio ecossistêmico e ciclos biogeoquímicos no mar.

Por conta da elevada extensão territorial da plataforma norte e de sua importância socioeconômica para a região, estudos que possam avaliar situação dos ambientes costeiros de maneira mais direta e rápida são essenciais, mediante este fato, o sensoriamento remoto se apresenta como imprescindível para obtenção de informações de forma mais ágil e precisa. Os elos entre os ambientes costeiros e alterações nos parâmetros ecossistêmicos locais apresentam caracteres significativos para o entendimento do ambiente e todo seu dinamismo. No estudo ficaram evidentes possíveis relações entre índices pluviométricos e ciclos hidrológicos estacionais, como agentes responsáveis pelo aporte fluvial nas plumas continentais, e sua interferência de maneira direta na concentração de compostos particulados ao longo da plataforma e, por conseguinte na área de estudo. Apesar de não serem evidenciadas possíveis diferenças estatisticamente significativas nas médias anuais na concentração de COP e CIP na área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALCH, W. M., GORDON, H. R., BOWLER, B. C., et al. Calcium carbonate measurements in the surface global ocean based on Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer data. Journal of Geophysical Research. 2005. 110 p.

BUKATA, R. P. J. et al. Optical properties and remote sensing of inland and coastal waters. 1° ed. Boca Taton, Florida, 1995. 384 p.

DAAG, M.; BENNER, R.; LOHRENZ, S.; LAWRENCE, D. Transformation of dissolved and particulate materials on continental shelves influenced by large rivers: plume processes. Continental shelf research, Southampton, v 24, n 7/8, p. 833-858, 2004.

ESTEVES, F.A. Considerations on the Ecology of Wetlands, With Emphasis on Brazilian Floodplain Ecosystems. In: Scarano, F.R. & A.C. Franco (eds.). Eco physiological Strategies of Xerophitic and Amphibious Plants in the Neotropics. Séries A ecologia Brasiliensis, vol IV. PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro, Brazil. 1998.

HANSEN, J.; M. SATO (2004). Greenhouse gas growth rates, Proc. Natl. Acad. Science. 109-114 p.

INTERNATIONAL OCEAN-COLOUR COORDINATING GROUP (IOCCG). Remote sensing of ocean colour in coastal, and other optically-complex waters. In: SATHYENDRANATH, S. (Ed.). Reports of the international ocean-colour coordinating group. Dartmouth, Canada, 2000. 140 p.

MANAHAN, S.E. Environmental chemistry. 6° ed. Boca Raton, Flórida. 1994, 843 p.

MAYORGA, E., A.K. AUFDENKAMPE, A. K., C.A. MASIELLO, A.V. KRUSCHE, J.I. HEDGES, P.D. QUAY, P. D., J.E. RICHEY, AND T.A. BROWN. Young organic matter as a source of carbon dioxide outgassing from Amazonian rivers. Nature. 538-541 p. 2005.

MIRANDA, L.B.; CASTRO, B.M.; KJERFVE, B. Princípios da oceanografia física. São Paulo-USP, 2002. 230 p.

PANHOTA, R. S. Utilização e destino do carbono orgânico dissolvido em um reservatório eutrófico (Barra Bonita, SP). 106 f, 2007. São Carlos: UFSCar, 2007.

STRAMSKI, D ET AL. Relationships between the surface concentration of particulate organic carbon and optical properties in the eastern South Pacific and eastern Atlantic Oceans. Biogeosciences, vol. 5, 171-201 p. 2008.