

I. INTRODUÇÃO

“Estimativas do balanço do carbono em ambientes aquáticos amazônicos”.

As terras amazônicas são compostas por uma diversidade de habitats aquáticos incluindo os rios, lagos, várzeas, igapós, savanas, chavascais, buritizais, entre outros. São locais de intensa diversidade e atividades biológicas, onde os ciclos anuais de produção e decomposição podem resultar no seqüestro e/ou emissão de um volume de carbono globalmente significativo. As áreas alagáveis podem transportar grandes quantidades de carbono orgânico dissolvido (DOC) e particulado (POC) carregando esse material para outros ecossistemas aquáticos e terrestres (Mayorga *et al.*, 2005). Os fluxos de carbono associados a esse processo têm uma forte influência sobre o clima terrestre (Hansen *et al.*, 2004). Richey *et al.* (2002) estimou a emissão de CO₂ de todas as áreas alagáveis amazônicas como 0,5 Gt C/ano. Melack *et al.* (2004) estimou a emissão de metano das áreas alagáveis amazônicas em 22 Tg C/ ano, bem menor do que o fluxo de CO₂. Porém, pelo potencial térmico do metano, este fluxo tem um poder de aquecimento atmosférico equivalente a 0,2 Gt C/ ano de CO₂.

Todos esses fluxos são apenas estimativas preliminares já que, na maioria dos casos, o erro associado é maior que o próprio fluxo. Em consequência, as estimativas do balanço geral de carbono para a bacia Amazônica variam muito, entre -3,0 e 0,75 Gt C/ano (Ometto *et al.*, 2005). E não é claro se a Amazônia é uma fonte líquida ou um sumidouro de carbono, se ela está contribuindo ou mitigando os processos de aquecimento global. Para poder avaliar a real influência do bioma amazônico nesse sentido, é essencial aperfeiçoar as estimativas dos fluxos e do balanço do carbono, identificando as principais fontes e a variabilidade espacial e temporal dos processos, desenvolvendo também modelos

matemáticos desses processos. Esse estudo contribuirá no aperfeiçoamento das estimativas de fluxos de CO₂ e CH₄ e no balanço do carbono da região amazônica.

Estudos anteriores identificaram uma série de fatores que influenciam nas emissões de metano e gás carbônico em áreas alagáveis. A dinâmica da inundação determina a extensão das áreas alagadas e gera eventos de distúrbio que podem influir no fluxo dos gases. A variação da área inundada na Amazônia tem sido caracterizada a partir da análise de séries temporais de imagens de radar (Rosenqvist *et al.*, 2002) e de microonda passiva (Sippel *et al.*, 1994, 1998) ou através de dados batimétricos associados a imagens de radar (Kemenes, 2006). A influência desse fator sobre a emissão agregada de gases já foi demonstrada em igapós do rio Jaú (Rosenqvist *et al.*, 2002), no reservatório de Balbina (Kemenes *et al.*, 2007, 2008), nos chavascais do alto rio Negro (Belger, 2007) e na região Amazônica inteira (Richey *et al.*, 2002; Melack *et al.*, 2004). A variação na profundidade de uma área alagável ocorre anualmente afetando o nível de pressão hidrostática na interface com os sedimentos o que influi na taxa de ebulição. Rosenqvist *et al.* (2002) e Belger (2006) também demonstraram essa influência sobre a emissão de metano em florestas de igapó e chavascais, respectivamente. Já em reservatórios amazônicos a variação do nível da água pode ser pouco significativa e isso se deve ao controle exercido pelo homem (Kemenes *et al.*, 2008). Variações no nível da água também alteram a morfometria dos corpos de água, estrutura térmica, padrão de mistura e a distribuição vertical de oxigênio e outros gases dissolvidos (Melack, 1984). A maioria desses estudos encontrou que variações nas concentrações superficiais de CO₂ e CH₄ e na espessura da camada limítrofe estagnada, associadas a estes fatores, podem influenciar nas emissões difusivas destes gases. Engle & Melack (2000) encontraram uma forte relação entre estrutura térmica da coluna de água e a emissão de metano num lago de várzea na Amazônia central.

Para determinar a emissão líquida de CO₂ e CH₄ de determinada área alagável é também necessário avaliar as taxas de produção primária das plantas aquáticas residentes e o intercâmbio de material orgânico com outros ecossistemas aquáticos e terrestres. A fonte e a disponibilidade de material orgânico também podem influir nas emissões de gases. A emissão de gases de efeito estufa (GEEs) derivadas da decomposição de material orgânico presente nas plantas e nos solos terrestres alagados pela criação dos reservatórios, representa um fluxo líquido para a atmosfera, já que a vegetação original jamais se recuperará. A situação é diferente quando as emissões são derivadas do material orgânico produzido por plantas vivas, sejam aquáticas presentes nos reservatórios, lagos, rios, igapós e várzeas, ou terrestres cujos detritos são transportados para o meio aquático. Neste caso, o gás carbônico liberado durante a decomposição ou metabolismo é fixado novamente pela fotossíntese das plantas, resultando numa emissão líquida perto de zero (Kemenes *et al.*, 2008). Matthews *et al.* (2005) quantificaram detalhadamente os estoques e fluxos de carbono antes e após da criação de cinco pequenas represas canadenses e concluíram que as emissões de GEEs depois do represamento foram derivadas principalmente do material orgânico terrestre pré-existente na área do reservatório. Uma análise do balanço de carbono no reservatório tropical Petit-Saut também indicou que as emissões de GEEs do sistema nos primeiros dez anos após represamento eram derivadas predominantemente do material orgânico terrestre pré-existente (Abril *et al.*, 2005). Juntos esses estudos sugerem que as emissões das hidrelétricas analisadas são predominantemente líquidas e, portanto, contribuem para o aquecimento global.

Melack & Forsberg (2001) apresentaram um balanço de carbono na várzea da Amazônia central, extrapolando as estimativas pontuais de emissão e a produção de habitats para as áreas totais destes habitats, por sensoriamento remoto. Os resultados

indicaram que a produção primária líquida era maior do que as emissões agregadas e que o excesso de produção era exportado para o sistema fluvial. Considerando as grandes áreas e o pequeno número de estimativas reais usadas na análise, os autores concluíram que os resultados eram ainda preliminares. Um balanço mais rigoroso foi apresentado por Melack & Engle (2007) para um lago da várzea da Amazônia central, baseado em medidas detalhadas de produção primária, emissões e outros processos. Eles também concluíram que a produção primária líquida, predominantemente de gramíneas aquáticas, era maior do que as perdas de CO₂ e CH₄ por emissão e que o excesso de produção era exportado para o rio. Esta conclusão foi consistente com os resultados de Mayorga *et al.* (2005) e demonstraram que a maioria do carbono metabolizado no sistema fluvial amazônico é derivado de gramíneas aquáticas que crescem em áreas de várzea e em zonas riparianas. Porém, como o estudo foi realizado num único local, no lago Calado, sua representatividade é questionável.

A várzea central do rio Solimões/Amazonas é a maior e mais importante área alagável da bacia Amazônica (Junk, 1997). Para aperfeiçoar o balanço de carbono e as estimativas da emissão líquida de CO₂ e CH₄ para este sistema será necessário focar num trecho de meso-escala (200 a 500 km), em torno da calha do rio Amazonas/Solimões que é suficientemente grande para ser representativo para a Amazônia, e também suficientemente pequeno para ser bem detalhado. A várzea do rio Solimões, entre Coari e Manaus, é área focal do Projeto PIATAM, e é um dos trechos focados para este estudo. Nesse trecho o trabalho proposto aqui tem o apoio de um projeto de pesquisas financiado pelo Centro de Excelência Ambiental da Petrobrás na Amazônia (CEAP) coordenado, técnica e cientificamente, pelos Drs. Bruce Forsberg (INPA) e John Melack (UCSB). Trata-se da área com o maior número de medidas de produção primária, de emissão de gases e fluxos

de carbono dissolvido e particulado existente na região. É também um trecho da várzea cujas características hidrológicas e cuja dinâmica de inundação são bem conhecidas (Lesack, 1993, Lesack & Melack, 1995, Sippel *et al.*, 1994, Wilson *et al.*, 2007). O segundo local estudado, através da bolsa de PRODOC a ser implementada, serão os reservatórios amazônicos (Samuel, Tucuruí e Curuá-Una), nesses locais foram realizados poucos estudos de campo, envolvendo principalmente as emissões superficiais de gases (Kemenes *et al.*, 2007; Kemenes *et al.*, 2008; Duchemin *et al.*, 2000; Lima *et al.*, 2002; Abril *et al.*, 2005). Nesses locais os trabalhos receberão o apoio logístico do Programa LBA, tendo como coordenador dessa etapa o Dr. Antonio Manzi, sendo o projeto referência ao Termo de Cooperação Técnica e Científica celebrado entre o INPA e a ELETRONORTE. Em ambos estudos o proponente da bolsa PRODOC, Dr. Alexandre Kemenes, participará ativamente das equipes de trabalho, tanto em campo quanto laboratório, e coordenará, junto com Dr. Bruce Forsberg, as duas frentes de pesquisa (ambiente natural e artificial). Sua proposta de bolsa PRODOC será submetida através do recém implantado programa de pós-graduação (mestrado e doutorado) em Clima e Ambiente do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) em associação com a Universidade do Estado do Amazonas (UEA) sob coordenação do Dr. Antonio Manzi, e conta com o apoio do Programa LBA (MCT) e do Projeto PIATAM (PETROBRAS).

OBJETIVO GERAL

Estimar as emissões de CH₄ e CO₂ e determinar o balanço de carbono orgânico na várzea do rio Solimões/Amazonas e em três reservatórios amazônicos (Tucuruí, Curuá-Una e Samuel) e analisar as emissões diferenciadas para cada área estudada.

Tabela 1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo específico	Metas	Indicadores	Atividades
1) Caracterizar a variação espacial e temporal do fluxo de metano e CO ₂ e de parâmetros ambientais nas áreas em estudo.	a) registrar as emissões de gases nas áreas em estudo. b) determinar e coletar dados sobre os parâmetros ambientais necessários.	a) quantidade de CH ₄ e CO ₂ emitidos nos habitats em estudo. b) análises estatísticas das influências dos parâmetros ambientais sobre as emissões de gases.	a) coletas de gases nas áreas em estudo b) coletas de parâmetros ambientais e climáticos. c) analisar a influência dos parâmetros sobre as emissões de gases.
2) Investigar a influência da dinâmica sazonal de inundação sobre a emissão de gases.	a) registrar e analisar a variação sazonal do nível dos corpos de água estudados. b) analisar a influência da variação do nível da água nas emissões de gases.	a) caracterizar a variação do tamanho das áreas alagadas ao longo dos anos. b) análises estatísticas e espaciais sobre a variação das emissões aliadas ao tamanho das áreas alagadas durante os anos de estudo.	a) determinar a variação sazonal das áreas inundadas através de imagens seqüências de radar. b) coletar gases em diferentes períodos sazonais.
3) Caracterizar o intercâmbio de carbono orgânico com outros ecossistemas.	a) analisar a variação quantitativa, temporal e espacial do fluxo de carbono dissolvido e particulado nas áreas em estudo.	a) analisar os gradientes referentes ao transporte diferencial de carbono dissolvido e particulado em diversos habitats dos sistemas em estudo.	a) coletas de amostras de carbono orgânico dissolvido e particulado em diversos habitats nos locais em estudo.

Continuação.

Objetivo específico	Metas	Indicadores	Atividades
4) Estimar as emissões regionais brutas e líquidas de metano e CO ₂	a) registrar as emissões de gases nas áreas em estudo. b) determinar o seqüestro de carbono nos locais em estudo.	a) Estimativas do balanço das emissões de carbono nas áreas em estudo.	a) coletas das emissões de gases nas áreas em estudo. b) coletas de dados sobre o seqüestro de carbono nessas áreas.
5) Analisar as diferenças entre os meios naturais e alterados pelo barramento de hidrelétricas.	a) registrar as emissões de gases nas áreas em estudo.	a) resultados estatísticos comprovando as diferenças entre os dois meios em estudo.	a) coletar amostras em ambientes naturais e alterados
6) O aprimoramento de equipamentos e de técnicas de coleta e análise de dados biogeoquímicos.	a) testar metodologias e estimar os erros de amostragem e armazenamento de amostras de gás.	a) analisar estatisticamente os resultados encontrados.	a) construir equipamentos novos, métodos de amostragem e armazenamento de gases inovadores e testá-los no campo e em laboratório.

JUSTIFICATIVA

Os estudos sobre as emissões de CO₂ e CH₄ e do balanço de carbono orgânico para um trecho da várzea do rio Solimões e em três reservatórios artificiais amazônicos, baseados em medidas *in situ* dos processos biogeoquímicos e de parâmetros ambientais, conjuntamente com dados hidrológicos gerados pelo grupo de modelagem ambiental do Projeto PIATAM e dados espaciais gerados por sensoriamento remoto do Programa LBA, contribuirão para o aperfeiçoamento das estimativas regionais de emissão de gás carbônico e metano e no balanço de carbono na Amazônia.