

**Programa de Planejamento Energético**  
**Coordenação de Programas de Pós-Graduação em Engenharia**  
**Universidade Federal do Rio de Janeiro**

**RELATÓRIO DO**  
**WORKSHOP SOBRE EMISSÕES DE**  
**GASES DE EFEITO ESTUFA NO BRASIL**  
**NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

**Rio de Janeiro**  
**Agosto de 1993**

O modelo atualmente utilizado foi calibrado a partir de dados empíricos obtidos há algum tempo pelo grupo do Prof. Tundisi, nas represas de Tucuruí e Samuel. Para esta calibragem foi desenvolvido um modelo específico que determina o fluxo temporal de metano na superfície do lago da barragem. A partir de nova coleta de dados realizada recentemente pelo Prof. Tundisi, considerando tempos e regiões diferentes das barragens, será possível uma nova calibragem do modelo.

Para finalizar, o Prof. Pinguelli apresentou algumas das áreas de incerteza que necessitam de esclarecimento dos especialistas: para os meteorologistas, a questão do valor do poder de aquecimento do metano relativo ao dióxido de carbono; para os biólogos e bioquímicos, o processo de decomposição anaeróbica da biomassa afogada; e para os ecologistas, os coeficientes dos cenários utilizados, isto é, os valores da densidade de biomassa, a fração da decomposição da matéria orgânica, etc.

### **Dr. Phillip Fearnside**

Na sua apresentação, o Dr. Fearnside descreveu a sua metodologia para o cálculo das emissões de gases de hidroelétricas, que considera não só o metano mas também o dióxido de carbono, que segundo a sua abordagem representa um dos principais impactos causados pelas barragens.

Utilizando dados físicos da hidroelétrica de Balbina, o Dr. Fearnside estima que, no caso hipotético em que toda a biomassa afogada fosse transformada em  $\text{CO}_2$ , a usina seria equivalente a uma termoelétrica, de mesmo porte, operando por 150 anos. Estes dados, porém, não representam um índice de comparação válido, pois presumem que toda a biomassa afogada seria transformada em gás. Para resultados mais confiáveis seria necessário se conhecer a taxa de liberação, bem como a composição do gás emitido, ou seja, as frações de  $\text{CO}_2$  e de  $\text{CH}_4$ .

Para obtenção de resultados mais realistas, a metodologia do Dr. Fearnside contempla uma série de refinamentos. Primeiramente, a área do reservatório é dividida em zonas distintas, pois boa parte da floresta fica situada acima da superfície da água, somente com as raízes afogadas. A parte superior das árvores passa a sofrer, principalmente, decomposição aeróbica que gera  $\text{CO}_2$ . Conforme a distribuição vertical da biomassa, em relação à profundidade do lago, adota-se a seguinte classificação para as zonas do reservatório: zona subterrânea; zona de água anóxica; zona de água superficial e zona aérea.

Em cada uma destas zonas, esperam-se variações significativas na taxa de decomposição da biomassa. No caso de Balbina, por exemplo, a madeira que vem sendo retirada para fins comerciais, a mais de 1 metro de profundidade, encontra-se praticamente intacta, sem nenhum efeito de decomposição. Outro fator importante é a taxa de decomposição das folhas e galhos que caem das árvores, da zona aérea para a zona de água, onde os processos de decomposição tornam-se diferentes.

Em segundo lugar, se diferencia a distribuição espacial lateral da biomassa, conforme sua localização na faixa de inundação permanente ou na faixa de inundação sazonal, onde ocorre decomposição aeróbica da biomassa, quando exposta, e anaeróbica, quando afogada. Sendo assim, é necessário um mapeamento da biomassa em cada reservatório.

Em terceiro lugar, é necessário se conhecer a área real do reservatório, a qual pode ser obtida a partir de fotos de satélites e que pode diferir da área oficial apresentada pela Eletrobrás, bem como a área do leito do rio, onde já não havia biomassa antes do enchimento do reservatório.

Em quarto lugar, é necessário se conhecer a área desmatada antes do enchimento do reservatório para não contabilizá-la nas estimativas da biomassa total.

Em quinto lugar, deve-se considerar a presença de macrófitas que passam a crescer nos reservatórios após o seu enchimento. A importância dos macrófitas é que, durante o seu crescimento, absorvem  $\text{CO}_2$  mas emitem  $\text{CH}_4$ .

Utilizando dados obtidos da literatura e de estimativas próprias, o Dr. Fearnside calculou as emissões resultantes dos reservatórios de Balbina, Tucuruí, Samuel e Kuruá-Una. Para Balbina, estimou uma emissão total de carbono de cerca de 8 Mton, distribuídos por 0,10 Mton de metano e 28,54 Mton de dióxido de carbono, sendo estes últimos valores dados em massa de gás. Estes valores representam mais da metade da emissão total das hidroelétricas atuais da Amazônia, que foi estimada em 0,22 Mton de metano e 50 Mton de dióxido de carbono. Estes resultados mostram que as emissões de  $\text{CO}_2$  dominam as de  $\text{CH}_4$ .

O total das emissões de Balbina é quase o dobro daquelas estimadas para Tucuruí, mesmo considerando que a densidade de biomassa de Tucuruí é maior do que de Balbina, e as áreas dos dois reservatórios são da mesma ordem. Este fato é explicado por Tucuruí possuir um leito do rio maior, um lago mais profundo, com menos áreas sazonalmente exposta, e poucas zonas com madeira exposta, produzindo rapidamente  $\text{CO}_2$ .

Estes números de Balbina são substanciais se comparados à potência nominal da usina, de 250 MW, representando cerca de 14,37 kg de C/W.

Segundo o Dr. Fearnside, no quadro geral, as emissões atuais de carbono das hidroelétricas da Amazônia não são muito significativas. Mas é importante lembrar que o plano de Expansão do setor elétrico prevê um total de 100.000  $\text{km}^2$ , o que irá corresponder a 20 vezes a área atual dos reservatórios já construídos. Isto acarretaria emissões da ordem do desmatamento atual da floresta amazônica. No entanto, as emissões das hidroelétricas não seriam coincidentes e as emissões aéreas de dióxido de carbono não permaneceriam para sempre, embora as de metano sejam quase que permanentes. De qualquer forma esta contribuição é bastante significativa e tem que ser analisada na forma temporal, devendo ser ponderada na avaliação dos impactos das hidroelétricas.

O Dr. Fearnside ressaltou que, em qualquer tipo de análise, deve-se tomar cuidado com o método empregado para o cálculo dos resultados. Vários são os métodos de cálculo passíveis de serem empregados. Um método é através do balanço anual dos fluxos e dos estoques de carbono equivalente, conforme exige a Convenção do Clima para cada país, utilizando-se para isso as equivalências de toneladas de carbono por toneladas de gás de efeito estufa, fornecidas pelo relatório do IPCC de 1992.

Outro tipo de resultado é obtido através do cálculo das emissões cumulativas líquidas que se dão ao longo de um dado horizonte de tempo, multiplicadas pelos fatores de aquecimento global, GWP, fornecidos pelo IPCC. A desvantagem deste tipo de cálculo é a necessidade de integração ao longo do tempo, sendo, portanto, dependente do horizonte escolhido.

Um método alternativo para se eliminar este problema é através do cálculo diferencial do forçamento radiativo durante a vida do gás. Neste cálculo, pode-se, ainda, incluir uma taxa de desconto, que considere os interesses das futuras gerações, para se levar em conta o aspecto temporal do problema.

No caso das análises do Dr. Fearnside, os diferentes métodos não apresentaram resultados muito diferenciados, uma vez que só estão sendo considerados os efeitos diretos dos gases. Se seus efeitos indiretos forem considerados, os resultados serão bastante diferentes.

### **Prof. José Galizia Tundisi**

Na sua apresentação, o Prof. Tundisi ressaltou que os gases produzidos nos reservatórios possuem importância não só para o problema do efeito estufa, mas também para a qualidade da água que, entre suas diversas consequências, traz prejuízos aos equipamentos das próprias usinas. Notícias recentes mostram um alto índice de corrosão na primeira turbina de Balbina, cerca de 7 cm, após 7 anos da sua instalação. Esta corrosão foi provocada pela alta concentração de gases e baixo PH no hipolínio das águas.

O Prof. Tundisi ressaltou que as grandes represas da Amazônia são sistemas muito complexos. As três represas de maior porte construídas na região, Balbina, Tucuruí e Samuel, diferem bastante na sua morfometria, volume, profundidade média, área alagada e tempo de retenção. Portanto, sob os pontos de vista ecológico, limnológico e de manejo, elas têm que ser tratadas como componentes de ecossistemas diferentes. Apesar dos processos bioquímicos da geração de gases serem os mesmos, o tratamento para cada sistema deve ser diferente.

A logística das medidas feitas nos reservatórios é, também, extremamente complexa, por causa da dimensão do sistema e da sua variabilidade espacial. Cada uma destas represas tem diferenças em formatos e em suas áreas alagadas, possuindo compartimentos muito diferenciados, com mecanismos próprios de funcionamento. Cada uma exige um tratamento metodológico específico para a realização das medidas, sendo quase impossível se fazer uma estimativa experimental para cada uma dessas represas.