



**XXIII SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GIA/21  
18 a 21 de Outubro de 2015  
Foz do Iguaçu - PR

**GRUPO - XI**

**GRUPO DE ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS - GIA**

**GERENCIADOR GEE-APINE: SOFTWARE PARA GERENCIAMENTO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM RESERVATÓRIOS**

**João Paulo Jankowski Saboia(\*)  
INSTITUTOS LACTEC**

**Bernardo Lipski  
INSTITUTOS LACTEC**

**Akemi Kan  
INSTITUTOS LACTEC**

**RESUMO**

Este trabalho apresenta um software desenvolvido para gerenciamento de emissões de gases de efeito estufa (GEE) em reservatórios. Com o intuito de fornecer uma ferramenta multiplataforma, o software foi escrito em Python. Contempla modelos para estimativas prévias de um determinado reservatório, um método de classificação de reservatórios, explicações das etapas da metodologia de medição de GEE e uma ferramenta de cálculo da emissão líquida de GEE de um reservatório. O software é de fácil utilização, pode ser rodado em qualquer sistema operacional, torna simples o cálculo da emissão de GEE e é bastante útil para pesquisas na área.

**PALAVRAS-CHAVE**

Gases de Efeito Estufa, Reservatório, Software, Gerenciador

**1.0 - INTRODUÇÃO**

O tema mudanças climáticas é bastante recorrente em nossos dias e, principalmente pelos fenômenos meteorológicos severos observados atualmente, há uma preocupação com as consequências que as mudanças do clima podem trazer.

A quantificação da emissão de gases de efeito estufa (GEE) decorrente das atividades antrópicas é parte importante na determinação da parcela de contribuição que estas atividades tem na alteração da composição atmosférica e, conseqüentemente, em mudanças no clima, em diferentes escalas.

A respeito de reservatórios de usinas hidrelétricas, o International Hydropower Association (IHA) lançou um guia de diretrizes para medições de emissões (IHA, 2010) e, no contexto do Brasil, dois recentes trabalhos apresentaram um estudo de emissões em diversas usinas do território brasileiro (Eletrobrás, 2014) e uma metodologia para medições em reservatórios de hidrelétricas no Brasil (Kan et al. 2013).

Este trabalho tem como objetivo apresentar o software Gerenciador GEE-Apine, um dos resultados do projeto de P&D ANEEL PE-0064-0002/2009 (denominado Proposta de Metodologia para Monitoramento e Avaliação de Gases de Efeito Estufa em Reservatórios de Usinas Hidrelétricas Brasileiras, deste ponto em diante referido como Projeto GEE-Apine), finalizado em 2013. Esta ferramenta permite ao usuário calcular a emissão de um reservatório a partir dos dados coletados em campo, além de comparar o resultado com três outras abordagens: um modelo 0D, um modelo de risco de emissões (IHA, 2012) e um modelo de estoque de carbono.

**2.0 - DESENVOLVIMENTO DA INTERFACE GRÁFICA**

(\*) BR-116 – KM 98 nº 8813 Centro Politécnico da UFPR CEP 81.531-980 Curitiba, PR – Brasil  
Tel: (+55 41) 3361-6283 – Fax: (+55 41) 3361-6007 – Email: joao.saboia@lactec.org.br

Com o intuito de gerar um software multiplataforma, Python foi a linguagem escolhida. Desta forma, o mesmo código fonte pode rodar em diversos sistemas operacionais (Windows, Linux, MAC OS) apenas com a instalação de um interpretador Python e de algumas bibliotecas.

Tanto o interpretador Python como as bibliotecas são livres, sem custos para download ou licença de uso. Para o sistema windows, todos os pacotes encontram-se disponíveis na página do projeto.

Para a interface gráfica foi utilizado o framework Qt. A Tabela 1 mostra a versão dos pacotes utilizados.

Tabela 1 – Bibliotecas e interpretador utilizados

Interpretador/biblioteca	Versão
Python	2.7.5
Matplotlib	1.1.0
Numpy	1.7.1
Shapely	1.2.17
Basemap	1.0.3
PyQt4	4.10.3
Pyproj	1.9.3
Scipy	0.14

Como Python é uma linguagem muito simples, apesar de suas aplicações não terem a mesma velocidade de linguagens estruturadas, o tempo gasto na escrita do código é consideravelmente menor. À princípio, este software não foi previsto pelo projeto e a utilização desta linguagem foi o principal fator que tornou possível o desenvolvimento da ferramenta no curto tempo disponível.

O conteúdo do gerenciador foi distribuído em 6 abas: “Guia de Análise”, “Classificação de Reservatórios”, “Modelos”, “Método GEE-Apine”, “Emissão Líquida” e “Equipe”. A Figura 1 mostra a aba inicial do software.

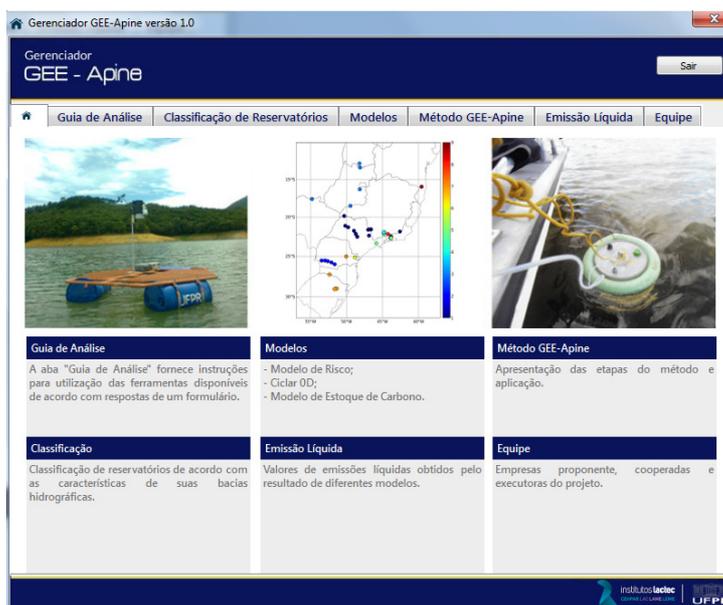


FIGURA 1 – Aba inicial do software

### 3.0 - GUIA DE ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DE RESERVATÓRIOS

A aba “Guia de Análise” orienta o usuário sobre quais são as opções disponíveis de modelos e medições necessárias, dependendo da situação: se o reservatório já existe ou não e qual é a idade deste reservatório. A Figura 2 mostra a aba em questão.



FIGURA 2 – Guia de análise

Na aba “Classificação de Reservatórios”, a partir do fornecimento de um arquivo (formato shapefile) da bacia de um determinado reservatório, é possível classificá-lo de acordo com as características da bacia, seguindo a metodologia de classificação proposta pelo projeto e apresentada em Saboia et al. (2013).

Também é possível visualizar a localização das usinas de cada classe determinada previamente no Projeto GEE-Apine.

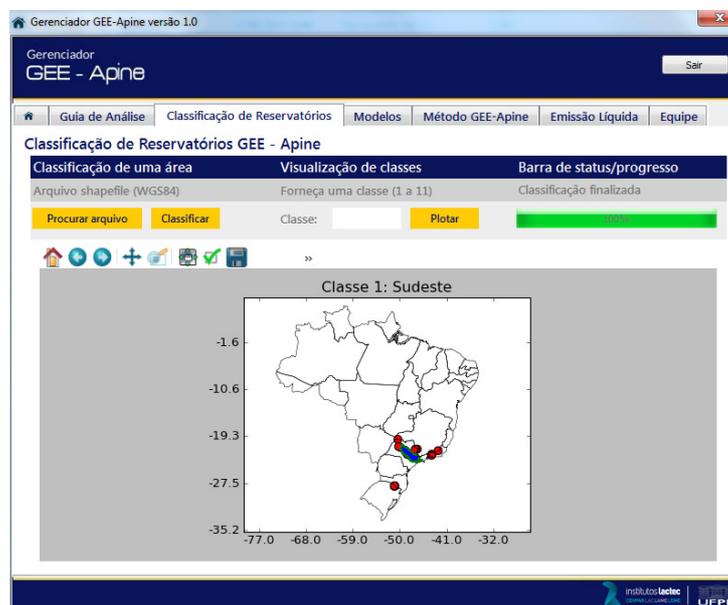


FIGURA 3 – Classificação de Reservatórios

#### 4.0 - MODELOS

Na aba “Modelos” (Figura 4) são apresentadas algumas alternativas de modelos para estimativas de emissão de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>.

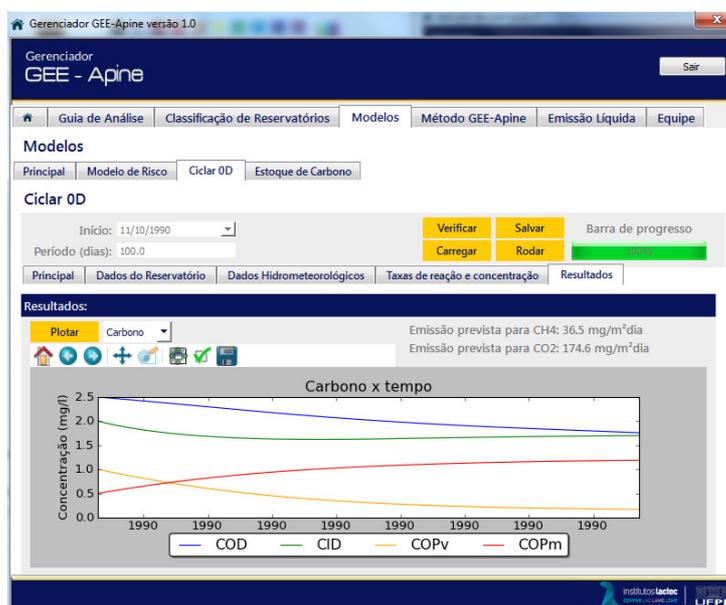


FIGURA 4 – Modelo Ciclar 0D

Na aba “Modelo de Risco” interna à aba “Modelos”, está implementado o modelo Risk Assessment Tool (IHA, 2010) que fornece um risco de emissões de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> num cálculo simples a partir de quatro parâmetros. Apesar do modelo fornecer uma resposta quantitativa, deve ser utilizado apenas como um indicador de que um reservatório corre risco ou não de ter emissões significativas de gases de efeito estufa.

Uma outra abordagem, mais elaborada é o modelo Ciclar 0D (Mannich et al. 2015) que utiliza como entradas diversos parâmetros e características de um reservatório. Fornece um resultado mais apurado, entretanto necessita de mais dados do que o Risk Assessment Tool.

Uma terceira alternativa é a aba Estoque de Carbono. Trata-se de um balanço entre o carbono estocado e emitido no tempo de vida do reservatório. Elimina medições com frequências maiores de fluxo e se concentra apenas no saldo total, indicando que, na média, o reservatório é uma fonte ou um armazenador de carbono.

As duas últimas alternativas podem demandar medições para levantamento de dados que o gestor do reservatório ainda não possua. No entanto, estas medições são muito menos onerosas do que campanhas para medições de GEE.

#### 5.0 - MÉTODO GEE-APINE

As etapas estabelecidas na metodologia desenvolvida no projeto GEE-Apine estão descritas na aba “Método GEE-Apine”, interior à aba de mesmo nome. A aplicação do método se dá na aba “Aplicação do Método” (Figura 5) e o resumo dos valores obtidos estão na aba “Resultados”.

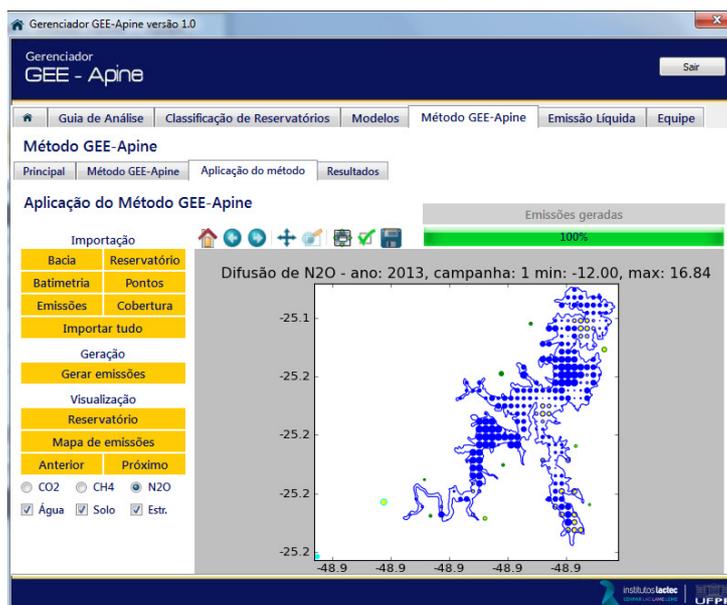


FIGURA 5 – Método GEE-Apine.

Para realizar os cálculos, o usuário insere todos os fluxos medidos em campo num arquivo ASCII separado por tabulação. Também deve fornecer um polígono com as delimitações do reservatório (arquivo shapefile), batimetria (arquivo NetCDF), coordenadas dos pontos de medições (arquivo ASCII) e cobertura vegetal da época anterior ao alagamento (arquivo ASCII).

Mapas de emissões podem ser visualizados na mesma aba de aplicação.

## 6.0 - EMISSÃO LÍQUIDA



FIGURA 6 – Emissão Líquida.

Na aba “Emissão Líquida”, todos os resultados de modelos utilizados são apresentados, separados por gases (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O, além da emissão de carbono) e, inserindo a área do reservatório, é informado o valor da emissão em toneladas por ano equivalente de CO<sub>2</sub>. Desta forma é simples comparar os modelos e utilizar um valor médio entre eles. Os valores podem ser editados e os cálculos são refeitos quando o usuário utiliza o botão “Atualizar Campos”.

## 7.0 - CONCLUSÃO

O software desenvolvido simplifica a aplicação do método de medição indicado pelo Projeto GEE-Apine. É uma ferramenta de uso simples e que apresenta diferentes modelos para avaliação de variadas complexidades.

Uma vez que campanhas de campo para captação de gases e de determinação de fluxos de GEE são muito onerosas, com este gerenciador o gestor do reservatório pode simplesmente rodar um modelo de risco e eventualmente verificar que o risco de emissões é muito baixo. Por outro lado, em caso de dúvida, pode acessar a classificação de reservatórios e perceber que alguns reservatórios semelhantes emitem (ou não) gases em grande quantidade.

Esta análise prévia pode levá-lo a investir em algumas medições mais simples para abastecer o Ciclar 0D e o método de Estoque de Carbono. Isto pode levar à inferência de que são necessárias campanhas para medições de GEE ou que simplesmente não há indícios que sustentem gastos maiores com estas campanhas.

Não se trata de uma ferramenta definitiva, mas da forma apresentada, já representa um grande avanço na gestão de emissão de GEE em reservatórios. Além disso é um software com um grande potencial para pesquisa científica.

## 8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) ELETROBRÁS. Projeto Balcar – Emissões de gases de efeito estufa em reservatórios de centrais hidrelétricas. Rio de Janeiro, 2014.

(2) KAN, A.; LIPSKI, B. FERNANDES, C. V. S.; OLIVA, E. O.; ESMANHOTO, E.; PIRES, G.; SABOIA, J. P. J.; BERNARDO, J. W. Y. DOS SANTOS, M. M.; MANNICH, M. BOCARDO, P. J.; BLENINGER, T. B. Proposta de metodologia para monitoramento e avaliação de gases de efeito estufa em reservatórios de usinas hidrelétricas brasileiras. Relatório Técnico n° 06. 2013.

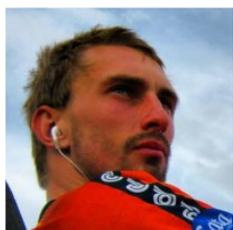
(3) IHA. GHG Measurements guidelines for freshwater reservoirs. Unesco, 2010.

(4) IHA. GHG Risk assessment tool (beta version) user manual. Unesco, 2012.

(5) MANNICH, M. ; RESENDE, J. F. ; FERNANDES, C. V. S. ; BERNARDO, J. W. Y. ; ZAHN, E. ; BLENINGER, T. . CICLAR: Modelo 0D para Dinâmica de Carbono em Lagos e Reservatórios. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 2015.

(6) SABOIA, J. P. J.; LIPSKI, B.; TAVARES, M. H.; KAN, A. Agrupamento de bacias hidrográficas de reservatórios de usinas hidrelétricas utilizando análise multivariada. XXII SNPTEE, Brasília, 2013.

### DADOS BIOGRÁFICOS



João Paulo Jankowski Saboia (autor de contato, Figura 7).

Nascido em Lapa-PR, 1985.

Possui graduação em Engenharia Ambiental pela UFPR (2007), mestrado em Engenharia Ambiental e de Recursos Hídricos pela UFPR (2010).

É Mestre em Engenharia Ambiental e de Recursos Hídricos, com experiência em pesquisa em Variabilidade Climática Interdecadal e Emissões de Gases de Efeito Estufa. Pesquisador na Divisão de Meio Ambiente nos Institutos Lactec desde maio de 2012

Bernardo Lipski

Nascido em Curitiba-PR, 1988.

Possui graduação em Agronomia pela UFPR (2010) e mestrado em Ciências do Solo pela Universidade Federal do Paraná (2013).

É Mestre em Ciências do Solo, com experiência em pesquisa em Emissões de Gases de Efeito Estufa. Pesquisador na Divisão de Meio Ambiente nos Institutos Lactec, desde fevereiro de 2012.

Akemi Kan

Nasceu em Ourinhos, SP.

Possui Graduação em Engenharia Civil pela UFPR (1989), mestrado em Engenharia Civil Oceânica pela Universidade de Kagoshima (1996) e doutorado em Métodos Numéricos em Engenharia pela UFPR (2005)..

Pesquisadora na Divisão de Meio Ambiente nos Institutos Lactec, desde maio de 2007.