

IGBP/GAIM REPORT SERIES
REPORT #9

GAIM Workshop Report

LBA-GAIM MODELLING WORKSHOP

July 17-28, 2000
Cachoeira Paulista, SP, Brazil



Global Analysis, Interpretation
and Modelling



Large-Scale Biosphere-
Atmosphere Experiment



International Geosphere
Biosphere Programme

Acknowledgements

The workshop organizers are grateful for financial support for travel and local costs that made the LBA-GAIM Modelling Workshop possible. Support was provided by:

National Aeronautical and Space Administration (NASA), Biospheric Science Branch

National Science Foundation (NSF), Office in International Programs

CNPQ

Base support for GAIM is provided by NSF, NOAA, and DOE

Base support for the LBA in the U.S. is provided by NASA.

In addition, the organizers express their appreciation to the hard-working staff of the GAIM and LBA offices, as well as CPTEC for organizational and logistic support before, during, and after the workshop.



Workshop organizers, instructors and participants pose for a group photo in Cachoeira Paulista

Table of Contents

| | |
|---|----|
| Acknowledgements..... | i |
| Table of Contents..... | 1 |
| Introduction | 2 |
| Workshop Goals and Objectives | 3 |
| Modelling Training in LBA | 4 |
| Workshop Description | 4 |
| Participants | 5 |
| Agenda | 5 |
| Model Presentations | 7 |
| The Art of Modelling: A Discussion..... | 14 |
| Concluding Discussions..... | 14 |
| Participant Reports | 15 |
| Instructor Contact Information | 44 |
| Participant Contact Information | 45 |

Integration of Modeling in the Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia (LBA)

--

LBA-GAIM Modelling Workshop Report

Introduction

The Task Force on Global Analysis, Interpretation, and Modelling (GAIM) is an element of the International Geosphere Biosphere Program (IGBP) and is directed toward developing an understanding of the Earth system which will ultimately lead to the integration of various biogeochemical models into a suite of prognostic biogeochemical Earth System Models. The global environmental issues that GAIM and the IGBP in general are seeking to understand confront all regions: they hold a particular challenge for developing regions where growing populations may intersect increasing rates of environmental change. In many tropical regions there are today both the causes of environmental change (e.g. biomass burning) and the effects (e.g. changes in atmospheric trace gases), and these cause-effect systems offer not only an environmental challenge but also a scientific opportunity to understand better the human effect on the biosphere. In addition, these regions hold important records of past environmental change that are important if we are to test models and ideas about future environmental change. Finally, in many developing regions there is not yet an adequate scientific or policy community to participate fully in the global environment policy process (e.g. the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)). These considerations offer a challenge to IGBP, to the IGBP Core Projects, and to the IGBP GAIM Task Force

The Goal of the GAIM Task Force is to advance the study of the coupled dynamics of the Earth system using as tools both data and models. GAIM emphasizes activities designed to expand upon the development, testing, and analyses of integrative data sets and models of those aspects of the Earth system where the IGBP program has the scientific lead, and works in collaboration on aspects of the Earth system where World Climate Research Program (WCRP) has the lead. GAIM collaborates with IGBP Core Projects in identifying appropriate component models, in assisting in the integration of these into coupled models, and in testing and applying these coupled models.

The Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia (LBA) is designed to create the new knowledge needed to understand the climatological, ecological, biogeochemical, and hydrological functioning of Amazonia, the impact of land use change on these functions, and the interactions between Amazonia and the Earth system. LBA is centered around two key questions that will be addressed through multi-disciplinary research, integrating studies in the physical, chemical, biological, and human sciences:

How does Amazonia currently function as a regional entity?

How will changes in land use and climate affect the biological, chemical and physical functions of Amazonia, including the sustainability of development in the region and the influence of Amazonia on global climate?

Based on these two overarching questions, the objectives of LBA can be summarized as:

- To quantify, understand and model the physical, chemical and biological processes controlling the energy, water, carbon, trace gas, and nutrient cycles found within Amazonia and to determine how these link to the global atmosphere.
- To quantify, understand and model how the energy, water, carbon, trace gas and nutrient cycles respond to deforestation, agricultural practices and other land use changes, and how these responses are influenced by climate.
- To predict the impacts of these responses both within and beyond Amazonia under future scenarios of changes in land use and climate.
- To determine the exchanges between Amazonia and the atmosphere of key greenhouse gases and species regulating the oxidizing potential of the atmosphere and to understand the processes regulating these exchanges.
- To provide quantitative and qualitative information to support sustainable development and ecosystem protection policies in Amazonia, in the context of both its regional and global functioning.

The importance of both modelling in LBA and training in the Amazonian research community is stressed in the LBA Science Plan and is quoted below from the "Overall Experimental Strategy" of the Plan:

"The *in situ* and remote sensing measurement approaches associated with specific scientific questions will be discussed below. Integrative modeling will be critical at all phases of our project; we do not view modeling as merely a *post hoc* activity. We will use existing data sets and models to guide our measurement strategy. Models will be refined as new data become available. A data information system will be developed to encourage the exchange of data among research groups and to facilitate compliance with the Brazilian legal requirements and the eventual creation of a data archive.

Training and education of researchers from South America and particularly from Amazonia will allow us to achieve our short term objectives and provide long term benefits to scientific research and the improvement of the prospect for rational land management in the region. While we may provide definitive answers to some of our questions in the short term, we expect land use change to continue and thus the questions will remain for the future. We will probably raise more and greater questions than those already posed. At the completion of our program, we hope to have augmented the cadre of researchers within Brazil and other South American countries with the skills and desires to answer the questions we have set forth and to confront the challenge of developing a base of knowledge to effectively manage the resources of Amazonia over the long term."

We have learned from our experience in integrated earth system science field studies that modeling is equally important for design of the study as for later interpretation of the field data. Currently, LBA scientists are using and developing models in meteorology, hydrology, atmospheric chemistry, and ecology. Modeling exercises are helping to inform our strategies for field measurement. In contrast to other fields such as meteorology where modeling is very well established in Brazil and other countries, currently most of the ecological modeling work is being conducted outside of South America. Therefore, there is a special need for training in ecological modeling. We hope to identify interested scientists and provide them with an introduction to this field and the personal connections that will allow them to rapidly enter into ecological modeling research.

Workshop Goals and Objectives

The **Goals** of the LBA-GAIM Modelling Workshop were to:

- demystify modelling within the Amazonian research community
- teach the operation and interpretation of state of the art models
- teach model-building techniques
- teach how to obtain and assimilate data

The **Objectives** of the LBA-GAIM Modelling Workshop were to:

- assist in the coordination of simulation modeling of terrestrial ecosystem processes in the early stages of LBA.
- establish general operational objectives, initial data requirements, and the collaborative aims of terrestrial ecosystem modellers with the other potential participants in LBA.
- to develop an overall conceptual understanding of the interacting systems and processes contained within Amazonia, using this as a miniature for the Earth System in general.

These goals and objectives were directed toward enhancing an Amazonian research community that is better trained in modelling techniques, and making it possible to foster more fruitful collaborations between Amazonian and US scientists in international research programs.

The LBA-GAIM Modelling Workshop focused upon:

- analyzing key models and data with particular relevance to Amazonia,
- interpreting the capability of these models and experimental programs against the demands for knowledge,
- building the international modelling and data infrastructures needed to support fully the IPCC process, and
- expanding the capability within Amazonia to use models focused upon two key topics within the overall theme of global change and the carbon cycle:
 - national emissions (as required by the IPCC) of carbon dioxide and trace gases associated with land use and land use change;
 - The effect of land use change on carbon and nutrient cycling in terrestrial ecosystems.

Modelling Training in LBA

In context of the LBA scientific priorities and fundamental questions, it is possible to address the role of modelling in LBA science. Modelling identifies the gaps in both understanding of ecosystems and data and as such plays a key role in the LBA program at early stages, as well as throughout the maturation of the project. Gaps in conceptual understanding can be filled by further analysis of focused scientific issues, and gaps in data can be filled by targeted field campaigns. With sufficient modelling abilities, LBA will be ready to move in both of these directions, so a workshop on modelling is both appropriate and timely.

GAIM has developed model intercomparison techniques which put it in a good position to assist in the modelling efforts within LBA. In addition, GAIM can organize modellers as well as other LBA scientists from across the range of disciplines included in the greater LBA program by convening focused workshops on various modelling-related aspects of LBA.

Following the success of the African-GAIM Modelling Workshop (Sahagian and Moore, 1997, GAIM Report #1), GAIM planned a similar training workshop in Brazil focusing on LBA. The experience gained in Africa as well as through various activities done in conjunction with IGBP/START enabled GAIM to effectively bring together a group of LBA scientists with various, but strong, backgrounds in their respective fields, to focus on modelling for the purpose of better understanding the processes which lead to the observations obtained throughout LBA field campaigns as well as the implications regarding global change. The workshop was scheduled to benefit from the initial field campaigns, but early enough in the LBA program to support the modelling component of subsequent analyses in LBA studies as well as to identify any critical gaps in planned observational schemes.

The training provided through the proposed workshop is being directed to support several efforts within the LBA scientific structure:

- Model Assessment- In order to assess the performance of a model, it is necessary to test it against validation data as well as compare its results to those of independent model which address the same system. In various GAIM model intercomparison studies, it has been discovered that several models may provide results which appear to be correct (and consistent with the limited available validation data), but whose results differ radically from one another.
- Model Synthesis- While there are many research groups developing models and analytical results within LBA, none has been charged with synthesis at the "Whole-Program" level. The LBA-GAIM Workshop was designed to assist by bringing together the results of separate groups for the purpose of integration of the results from various sub-systems (e.g. hydrology, climate, ecology, land-use) into a cohesive and seamless coupled system.
- Integrated LBA Modelling Strategy- With different groups developing models for various parts of the system within LBA, it is imperative to agree on an overall LBA modelling strategy so that in the end, the pieces can be formed into an integrated model of the entire system. Such a strategy can be built on two independent aspects of system modelling- *Parameter Sensitivities* and *Subsystem Coupling*. A more coherent modelling community within Amazonia can work most effectively toward integrated model development within LBA.

Workshop Description

The LBA-GAIM Modelling Workshop focused upon issues central to GAIM with a major overlap with all the IGBP Core Projects and framework activities. It was designed specifically to support LBA scientific objectives.

Structure.

The LBA-GAIM Modelling Workshop took place over a period of 12 days in July, 2000 at CPTEC-INPE, in Cachoeira Paulista, Brazil. The workshop followed a "short-course" format in which "instructors" presented major models and provided practical exercises for the participants. South American participants were selected from early to mid-career academic and governmental researchers who are in the strongest position to contribute regional data and understanding to the workshop as well as to use and disseminate the modeling capabilities obtained at the workshop to their colleagues and students. Thus the participants now represent a teaching force directed to building modelling capacity among the Amazonian global change research community.

The Workshop used four terrestrial ecosystem models applicable to Amazonia in the global context. The models were presented by their authors and the participants completed various exercises using the models in hands-on "laboratory" sessions with interpretations in terms of Amazonian and global applications using data contributed by all participants. In

addition, team projects were assigned to workshop participants to be completed in the course of the workshop. This hands-on approach was taken in order to maximize the practical impact of the workshop. It also set the stage for follow-up activities within the LBA science program. Each team of participants was charged with continuing and developing their projects in the year following the workshop in collaboration with the model developers and others. The projects are centered on changing land use in Amazonia and its effects on regional and global climate, hydrology, and ecosystems.

| MODEL | INSTRUCTOR |
|------------------------------|----------------|
| Earth System Models | Marcos Costa |
| Century | Bill Parton |
| ED (Ecosystem Demography) | George Hurtt |
| SiB (Simple Biosphere Model) | Humberto Rocha |

In addition to the above models, a simple graphical box model (Stella) was introduced and used for modelling exercises and for team projects. This model was presented by Dork Sahagian (GAIM) and was a convenient way to initiate the inexperienced participants in numerical modelling techniques, while clearly illustrating the strengths and weakness of current understanding to ecosystem processes within the various aspects of the Amazonian Ecosystems treated by the participants in their projects. This was done in preparation for subsequent development of their own modelling projects.

Computers for the workshop were provided by CPTEC-INPE. All models and supporting software were loaded in advance and tested by workshop instructors.

Participants

Participants from the US. and South America were chosen to represent the broadest possible range of expertise in model development and regional application. The workshop organizers invited a developer of each model to participate in the workshop as an “instructor”. Workshop participants were selected on the basis of maximizing capacity building in their home institutions and within the broader Amazonian global change modelling community and the likelihood of successful interaction and involvement with ongoing international global change research programs. Both nominations and applications were considered. There were many more applicants than could be accommodated by the venue or by the budget, indicating the level of interest with the LBA community. Selected applicants and nominees were South American scientists, in their early to mid-careers, with some modelling experience and familiarity with computers. Knowledge of at least one programming language (Fortran, C, etc.) was preferred but not expected. It is expected that participants will use and disseminate modelling techniques that were developed at the workshop in their ongoing research, and selections were made with that in mind. The participants represent a teaching force which will maximize the positive impact of the workshop on building modelling capacity among the Amazonian global change research community. Thus the international research community will benefit from the input of Amazonian scientists' insights regarding regional data and interpretations, and the Amazonian modelling community will benefit from interaction with and incorporation into international global change research programs (e.g. IGBP Core Projects). In addition, we sought to maintain representation from a broad distribution of Amazonian countries in a way that will maximize new interactions within South America and between South American scientists . It is our hope that these relationships will continue to build in the future as a result of the activities at and subsequent to the proposed workshop.

Agenda

The Workshop began with a morning overview of LBA, modelling, and basic technical details. This was followed by an introduction to Stella. The afternoon was devoted to a Stella laboratory with various introductory exercises.

In the mornings or days two through five, the four models were presented by the instructors. The afternoons and evenings were spent running the models (ESMs, Century, ED, SiB) for cases relevant to LBA scientific needs in keeping with available data through existing or planned field campaigns.

The groups formed modelling teams of two each in order to construct their own modelling projects (using a simple box modelling program). The common theme of the various projects was changes in Amazonian land use and its effects on regional and global climate, hydrology and ecosystems. During the subsequent days, the teams developed their projects with guidance and trouble-shooting by the instructors. These were presented to the group at the end of the workshop

The final day was be devoted to critiques of the teams; review of technical issues that arose during the Projects, and a special session focusing on the most effective ways to teach the use of the models to others in the participants' home

institutions. Finally, the participants were asked to assess the workshop materials and presentations. The day concluded with presentation of workshop certificates.

| | | |
|----------|--|--|
| Mon 7/17 | Introductions Special lectures LBA Intro & Modelling Intro to STELLA- STELLA Homework - | Nobre, Keller Nobre Sahagian |
| Tues AM | Century | Parton, Del Grosso, Baethgen |
| Tues PM | Century Lab "Decomposition" | Parton, Del Grosso, Baethgen |
| Weds AM | SiB | Rocha |
| Weds PM | Sib Lab - more STELLA Homework "Plant Physiology" | Rocha Sahagian |
| Thurs AM | Ecosystem Demography | Hurtt, Cardoso |
| Thurs PM | ED Lab STELLA - Homework - "Ecosystems" | Hurtt, Cardoso Sahagian |
| Fri AM | Earth System Model | Costa |
| Fri PM | ESM Lab STELLA - Homework "Daisyworld" | Costa Sahagian |
| Sat AM | Model Integration | Nobre, Hurtt, Parton |
| Sat PM | Review, Questions/discussion Form modelling project teams | |
| Sun AM | EXCURSION | |
| Mon AM | Design and plan TEAM PROJECTS | |
| Mon PM | TEAM PROJECTS | |
| Tues AM | | |
| Tues PM | | |
| Weds AM | | |
| Weds PM | | |
| Thurs AM | | |
| Thurs PM | Presentation of Team Project Results | |
| Fri AM | | |
| Fri PM | Wrap up Plans for future of modelling in LBA Follow-up activities Award Certificates, Closing Reception | Nobre, Keller |

Model Presentations

Century Model

The major components of the Century lecture included 1) a description of the goals and objectives of the Century model, 2) a presentation of the structure of the model, 3) a review of the procedures used to validate the model, and 4) a description of how the model has been used to study local, regional and global ecological questions. Most of the lecture focused on the description of the structure of the model and the philosophy used to structure the development of the model. The talk emphasized the guiding principle that the Century model uses the simplest representation of the biological principles and that many of the subroutines are a generic representations of specific processes that can be easily modified. For example, the plant production model is a general model that can be set up to grow any terrestrial plant (e.g. wheat, corn, grass, forests, alfalfa). Similarly, the nutrient cycling model can be set up to simulate nitrogen,

phosphorus, sulfur and potassium dynamics using the same general model structure . The model has been parameterized to work for all of the major ecosystems in the world and the major crops grown in the world. The model is designed to be used to evaluate the consequences of different land use practices and climatic conditions on ecosystem dynamics and help evaluate results for field experiments.

The talk emphasized the need to validate model results using observed data sets for all of the major components of the system (soil water, plant production, nutrient cycling, etc). The current version of Century has been tested extensively using observed plant production data from different forests, crops and grasslands. Similarly, the model has been tested using observed nutrient cycling data and soil C and N data from agricultural field experiments where different management practices were used (different fertilization rates, crop rotations, and cultivation practices).

Agricultural systems have the majority of observed data sets for the impact of management on changes in soil carbon and nitrogen and nutrient mineralization rates. Similar data exists for long term chronosequences of ecosystem development in places like Hawaii and Alaska.

Model Exercises

The Century was set up to run for a variety of different systems as part of the workshop. The systems we represented include:

- 1) the seasonal tropical woodland in Brazil (tree-grass system)
- 2) the humid tropical forest system in Brazil
- 3) the sugarcane agricultural system
- 4) and the major ecosystems of the world.

The Century model requires a weather file, site file and a management schedule file to run the model. Sample files were provided for all of these examples and the participants were asked to run the model for the sample files and create new versions that represented the systems they were interested in working on. The output from the model is provided in an a text file that can be used as input to a spread sheet A spread sheet was then used to display the model results. All of the participants were successful at running the model and constructing new model runs for the ecological systems of interest to them. We recommended that students test the century model using data sets from there field projects and test the ability of the model to represent the ecosystem dynamics for there systems. “Playing “ with models is the best way to learn how ecosystems work.

SiB2 Model

The SiB2 (Simple-Biosphere) Model (Sellers et al. 1996) is a parameterization to estimate the exchange of energy, heat, CO₂ and momentum between the land surface and the atmosphere. A model as SiB2 is designed to focus on understanding the response of the climate system to changes in the biosphere and its related aspects e.g. increasing atmospheric temperature and/or CO₂ concentration. The main interactions approached by the SiB2 model with strong emphasis are as follows: radiation absorption, momentum transfer, biophysical control of evapotranspiration, precipitation interception and interception loss, soil moisture availability.

The radiative transfers account on the spectral properties of leaves and soil and multiple reflections between them and also with the bare soil, in the visible (photosynthetically active radiation, PAR) and near-infrared region. The momentum transfer results from the rough vegetative canopies, enhancing the turbulence under different ways below, within and above the canopy height, therefore controlling the transport of sensible and latent heat to the atmosphere. The depth and density of root systems and the heterogeneities of soil physical properties on the vertical basis determine the amount of soil moisture available for evapotranspiration. The evaporation of the intercepted water reduces the precipitation input to the soil and can increase substantially the total evaporation rate. The connection between transpiration and CO₂ fluxes rely on the flow along the open pathway between the water-saturated tissues inside the leaves and the atmosphere. The schemes relate the leaf photosynthesis and CO₂ assimilation by chloroplasts as rate-limited by (i) enzyme kinetics (Rubisco-limited), (ii) electron transport and (iii) efficiency of leaf's light-intercepting apparatus. The leaf-level model can be integrated over the depth of a vegetation canopy and driven by satellite data given a couple of assumptions. The relation between a maximum leaf-catalytic capacity and the within-canopy profiles of PAR and leaf nitrogen are exploited to simplify the integration of CO₂ assimilation and stomatal conductance to the canopy scale. The scale-up integration calculates the performance of the uppermost leaves in the canopy, exposed to the maximum incident PAR

flux by a canopy PAR use parameter, dependent of the fraction of the incident PAR absorbed by the green leaves and its canopy extinction coefficient, which is a vegetation property amenable to remote sensing.

Practical classes

The SiB2 model was presented on an off-line version for the purpose of practical classes. The coded algorithm runs on Fortran 77 compilers in IBM-PC-Windows environment. The participants received simple guidelines to become familiar with the model running, prescription of the input files, and viewing through graph software additional to the model. The training exercise was based on the model simulation for a Tropical Forest Biome, feeded by weather station data collected *in situ* during a one year period (30 min time step). This action was taken to provide the participants simple and efficient ways to know about:

- how to run the model on an computer, that is, what is necessary in terms of input data, and how to view and analyze the model outputs;
- how does the model approach a given biome;
- how can someone change the biome's parameters and therefore asses the model sensitivity to these changes;
- how the model outputs can be checked in terms of high temporal (time step) to year (average balances) values.

It is believed the participants had a pleasant reaction on how to cope with all these facilities along 4-5 hours of practical work. The model output was coupled to a GRADS viewer software and specific scripts were offered to browse along the many model calculations. This facility helped the objectives to be achieved on a remarkable way.

A few works were developed with the SiB2 model on the second week of the workshop. It succeeded in terms of exploring the model and producing interesting results that could be explored further to refine the set of parameters and help the present numerical studies on the Amazonia deforestation issue. Some of these works, if explored with a slightly more emphasis, could be thought as of valuable material to be published for general scientific use. Some of these works were: (a) variability of calculated CO₂ fluxes (NPP) with given seasonal patterns of leaf area index and green leaves fraction, for a tropical forest biome; (b) use of SiB2 to simulate a burned tropical forest set of parameters; (c) use of nighttime eddy-correlation CO₂ flux data observation data to refine the current scheme used in SiB2 for soil respiration data.

Ecosystem Demography Model

Ecosystem Demography Model Description

The Ecosystem Demography Model (ED) lecture covered the motivation, description, and major results from ED for Amazonia. The objective of ED is to understand and predict carbon and water fluxes across a wide-range of spatial and temporal scales. ED was described as having its origin in stochastic simulators of vegetation dynamics. ED differs from these predecessors in two respects. ED is physiologically driven at fast-time scales, parameterized with a global-manifold of biodiversity, and includes both hydrology and soil carbon and nitrogen dynamics. As such, it is a complete ecosystem model. Second, the core of ED contains a new mathematical scaling procedure that gives the necessary computational capability that is needed for large-scale applications. ED is designed to run off-line, or coupled to climate models. Its inputs are climate drivers, soil type and depth.

A major emphasis of the lecture was the issue of scaling from fine-spatial and fast-time scales, to regional and global scales over decades and centuries- a central challenge in ED. The primary reasons given for including fine-scale detail in models with large-scale objectives were twofold. First, explicitly addressing scaling issues in models facilitates and expands their potential connection to data because data are collected at multiple scales. Second, landscapes are generally heterogeneous at many scales and there are important processes and ecosystem structure at fine scales that are difficult to parameterize around. Of course, addressing multiple scaling issues in a single model increases understanding by forcing one to understand how processes at different scales interrelate.

Examples from ED were given to illustrate the advantages of scaling across multiple scales. Regional predictions of potential vegetation at one-degree resolution were compared to Olson live biomass, Radam soil carbon, and Miami NPP datasets. In addition, the underlying structure and transient dynamics of stands within particular one-degree cells were compared to chrono-sequence data collect at sites within the cells. Corresponding fast-time scale eddy-flux measurements were shown in comparison to eddy-flux tower data. Interpreting local measurements, such as those from eddy-flux towers, in a large-scale context is a key aim of ED.

Critical to understanding and predicting ecosystem structure and fluxes is an understanding of relevant disturbance processes. To understand and predict net-carbon fluxes, processes of carbon loss are as important as processes of carbon gain. The current version of ED focuses on fire and treefalls as natural disturbances. The main challenges identified for the future are to include disturbance processes caused by humans, and to test EDs predictions with independent data. Exciting new avenues of research were identified that include the use of census-based land use statistics, field surveys of

forest structure, satellite fire data from sources such as GOES and MODIS, high-resolution optical remote sensing from IKONOS and LANDSAT, and structural remote-sensing data from LVIS or the planned VCL mission.

Ecosystem Demography Model Exercises

As a brand new model, ED is currently a research tool without an effective classroom interface. However, several of the important concepts embodied in ED regarding transient ecosystem dynamics and scaling were illustrated in the afternoon computer lab using simple differential equations and Stella. Those exercises are given below.

The Ecosystem Demography Model (ED) considers ecosystem structure and fluxes across many different scales in a single integrated model. The following exercises are oversimplified but will illustrate many of the important concepts treated in ED. Please work your way through these exercises. They can best be handled analytically and numerically with the help of Stella.

1. Consider the following very simple system. B is the biomass of plants (tC/ha), G is the growth rate of structural material (tC/ha/y) and μ is the mortality rate (1/y).

$$\frac{dB(t)}{dt} = G - \mu B(t) \quad (1)$$

Reasonable parameter values for a forested system are $G=3.0$ and $u=0.015$.

- Solve Eqn. (1).
- What is the equilibrium?
- What is the equilibrium in terms of the parameters?
- How does it take to reach equilibrium?
- What parameter(s) control the time-scale for approaching equilibrium?
- What is the net ecosystem production (NEP(t)) in this system?
- What parameter values would be more representative of a natural grassland?

2. Now add litter and soil carbon $S(t)$ to this simple system as below.

$$\frac{dB(t)}{dt} = G - \mu B(t) \quad (2a)$$

$$\frac{dS(t)}{dt} = \mu B(t) - k_1 S(t) \quad (2b)$$

- Solve Eqn. (2).
- What is the equilibrium B , S , and $B+S$?
- What controls the timescale to equilibrium?
- What is stand NEP(t) in tC/ha/y?

3. In 1 and 2, we were working at the stand scale and expressing results pre unit area. To move to the landscape scale, we need to take into consideration the area of the stand within the grid cell, and the fact that stand area may not be constant. Add a third equation to represent the area of our forest on the landscape as follows. Set $A_F(0)$ to 10^6 ha (the order of a 1 degree grid cell).

$$\frac{dB(t)}{dt} = G - \mu B(t) \quad (3a)$$

$$\frac{dS(t)}{dt} = \mu B(t) - k_1 S(t) \quad (3b)$$

$$\frac{dA_F(t)}{dt} = -\lambda A_F(t) \quad (3c)$$

- Solve system for $B(t)$, $S(t)$, $A_F(t)$.
- What are the equilibria?
- What is the stand scale NEP(t) in tC/ha/y
- What is the total plant biomass on the grid cell through time?
- What is the total litter and soil carbon on the grid cell through time?
- What is the total carbon on the grid cell through time?
- What is the grid cell NEP(t) in tC/y, in tC/ha/y? How does this relate to c)?
- Experiment with modifying (3c) to accelerate the decline, or preserve forest, and observe the effects on grid cell NEP(t).

4. Modify the above system to consider the fate of wood products from deforestation, which can decay at different rates than litter and soil carbon.

- Write down your system of equations.
- What are the equilibria?
- What is the effect of adding these processes on grid cell NEP(t)?

5. Now consider some of the consequences of heterogeneity in the age classes of ecosystems in our grid cell on carbon stocks and fluxes. Create a grid cell with three forested stands, each with a different initial biomass and soil carbon stocks representing different ages in succession. Assume that deforestation is independent of stand age.

- Write down your system of equations.
- How are the results modified by this addition the stand scale? How are the modified at the grid scale? Give specific examples.

6. Make G and/or μ a function of resources or environmental conditions.

- Write down your system of equations.
- How are the results modified by this addition the stand scale? How are the modified at the grid scale? Give specific examples.

Earth System Modeling

The discussion of the topic Earth System Modeling was divided in three parts: A Earth System model lecture, a simple climate model lecture and the lab in the afternoon. In the initial lecture, the components of an Earth System Model were discussed (Fig. 1). Emphasis was given in the surface processes and terrestrial ecosystems modules, because the other models studied in the workshop (SiB2, Century, ED) actually belong to these categories.

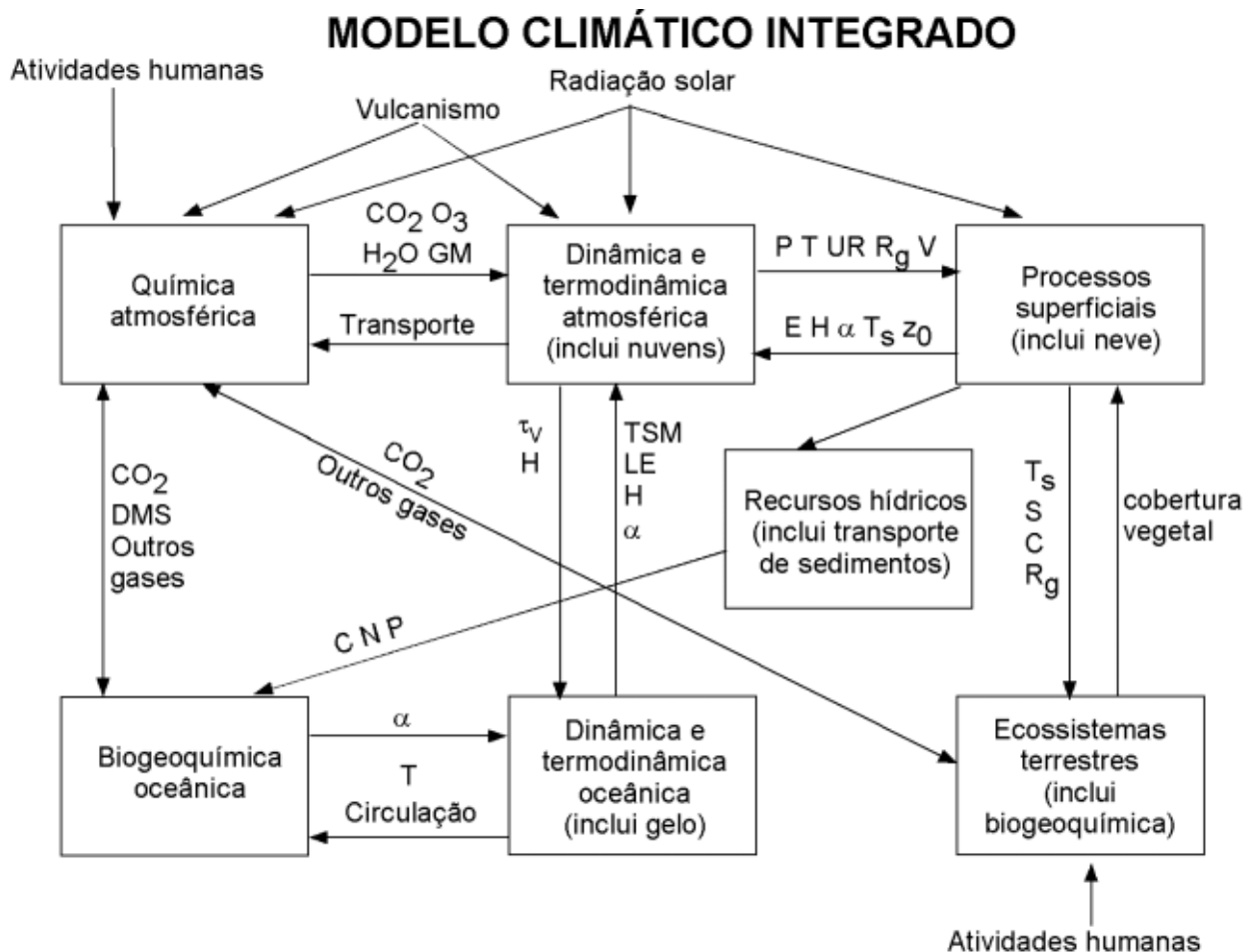


Figure 1 – Earth System Model

In the second lecture, a very simple climate model, that considers only the energy balance, was introduced (see next page of the report). A few examples were presented and solved using a Microsoft Excel spreadsheet during the lecture. During the lab in the afternoon, the participants numerically solved the examples and the Daisyworld problem (see next pages) using Stella software.

Modelos do Sistema Terra

Algumas referências:

- Hartmann, D. L. Global physical climatology. London, Academic Press, 1994. Uma introdução ao sistema climático global.
- Schlesinger, W. H. Biogeochemistry - an analysis of global change. London, Academic Press, 2^a ed., 1999. Uma introdução aos ciclos biogeoquímicos globais.
- Henderson-Sellers, A. e K. McGuffie, A climate modeling primer. New York, Wiley, 1987. Apresenta uma série de modelos básicos do sistema climático global.
- Lovelock, J. The ages of Gaia. Bantam Books, 1988. No capítulo 3, Lovelock propôs, pela primeira vez, o problema do mundo das margaridas, provavelmente a maneira mais simples de demonstrar os mecanismos de retroalimentação entre o clima e a vegetação.

Um modelo climático simples

O balanço de radiação de um planeta em equilíbrio radiativo é expresso pelas seguintes equações:

$$R_{entra} = R_{sai}$$

$$\frac{S}{4}(1 - \alpha) = \sigma T_e^4 \quad (1)$$

onde R é a radiação eletromagnética, S é a constante solar (1370 W m^{-2}), α é o albedo planetário, σ é a constante de Stefan-Boltzmann ($\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$) e T_e é a temperatura efetiva do planeta (K).

T_e não é a real temperatura do planeta, pois não inclui os eventuais efeitos de gases de efeito estufa. Podemos escrever uma equação semelhante à equação (1), que inclua não apenas o efeito estufa, mas também o armazenamento de calor no próprio planeta. Para a Terra, tal equação seria da forma

$$C \frac{dT_s}{dt} = \frac{S}{4}(1 - \alpha) - (a + b T_s) \quad (2)$$

onde $a = 204 \text{ W m}^{-2}$; b é a sensibilidade climática do planeta, ($b = 2,17 \text{ W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$); T_s é a temperatura dos primeiros 100 m dos oceanos, em $^\circ\text{C}$; $\alpha = 0,30$ e C é a capacidade térmica dos primeiros 100 m dos oceanos.

$$C = c \rho h$$

onde c é o calor específico da água ($c = 4,2 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$), ρ é a massa específica da água ($\rho = 1000 \text{ kg m}^{-3}$) e $h = 100 \text{ m}$.

Exemplos:

1. Calcule T_e para o caso da Terra

$$\frac{S}{4}(1 - \alpha) = \sigma T_e^4$$

$$\frac{1370}{4}(1 - 0,30) = 5,67 \cdot 10^{-8} T_e^4$$

$$T_e = 255 \text{ K} = -18 \text{ }^\circ\text{C}$$

A temperatura superficial observada da Terra é de $+16,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Qual é a razão da diferença?

2. No equilíbrio, $dT_s/dt = 0$. De acordo com a equação (2), qual é a atual temperatura de equilíbrio?

$$C \frac{dT_s}{dt} = \frac{S}{4}(1 - \alpha) - (a + b T_s)$$

$$0 = \frac{1370}{4}(1 - 0,3) - (204 + 2,17 T_s)$$

$$242,5 - 204 = 2,17 T_s$$

$$T_s = 16,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

A temperatura superficial observada da Terra é de +16,5 °C. Qual é a razão da diferença?

2. No equilíbrio, $dT_s/dt = 0$. De acordo com a equação (2), qual é a atual temperatura de equilíbrio?

$$C \frac{dT_s}{dt} = \frac{S}{4}(1 - \alpha) - (a + b T_s)$$

$$0 = \frac{1370}{4}(1 - 0,3) - (204 + 2,17 T_s)$$

$$242,5 - 204 = 2,17 T_s$$

$$T_s = 16,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3. Calcule o ciclo anual da temperatura dos oceanos à 40 °N, usando os seguintes valores para a radiação solar incidente em lugar de S/4:

| Mês | Jan | Mar | Mai | Jul | Set | Nov |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $S_{40^\circ\text{N}} \text{ (W m}^{-2}\text{)}$ | 180 | 330 | 460 | 460 | 330 | 180 |

Solução:

Podemos resolver usando uma planilha do MS Excel ou usando Stella.

4. Repita o exercício anterior com o valor de C reduzido por um fator de 10. Esse valor seria mais representativo para o centro dos continentes (Por quê?).

5. Mudanças orbitais podem introduzir alterações de até 10% no ciclo anual de radiação solar. Por exemplo, há 8000 anos atrás, com a maior excentricidade da órbita terrestre, o hemisfério norte receberia 10% mais radiação em julho e 10% a menos em janeiro:

| Mês | Jan | Mar | Mai | Jul | Set | Nov |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $S_{40^\circ\text{N}} \text{ (W m}^{-2}\text{)}$ | 162 | 330 | 506 | 506 | 330 | 162 |

Qual é a nova amplitude térmica anual para 40 °N?

6. Suponha que uma maciça erupção vulcânica tenha aumentado o albedo terrestre para 31%, por um prazo de dois anos (Se você estiver usando Stella, use a função IF THEN ELSE).

(a) Qual a nova temperatura superficial dois anos após a erupção?

(b) Quanto tempo demoraria para que a temperatura do planeta retornasse ao normal?

(c) Com que frequência erupções vulcânicas semelhantes deveriam ocorrer para que a temperatura do planeta se mantivesse 2 K mais frio do que o normal?

LBA-GAIM WORKSHOP – Lista de exercícios – O Mundo das Margaridas

Ref: Lovelock, J., 1988: The Ages of Gaia. Bantam Books (cap. 3)

Conceitos básicos: O mundo é coberto por solo nu, margaridas pretas ou margaridas brancas. A única diferença entre as margaridas é o seu albedo, que afeta a temperatura local, a qual afeta a taxa de crescimento das margaridas. Através da história do planeta, a radiação solar que penetra no planeta tem aumentado substancialmente. O que acontece com a temperatura média do planeta?

| | Margaridas pretas | Margaridas brancas | Solo nu | Média |
|------------------|-------------------|--------------------|------------|--|
| Fração da área | a_p | a_b | a_0 | $a_p + a_b + a_0 = 1$ |
| Albedo | α_p | α_b | α_0 | $\alpha = a_p\alpha_p + a_b\alpha_b + a_0\alpha_0$ |
| Temperatura (°C) | T_p | T_b | T_0 | T |

Balço de energia:

(a) Planetário: $\sigma T^4 = S(1 - \alpha)$, o qual pode ser aproximado por $T = k[S(1 - \alpha) - S_0(1 - \alpha_0)]$, assumindo uma variação linear na faixa de variação de S.

(b) Aquecimento diferencial: $T_b - T = kk S (\alpha - \alpha_b) < 0$: Margaridas brancas esfriam
 $T_p - T = kk S (\alpha - \alpha_p) > 0$: Margaridas pretas esquentam

Biologia:

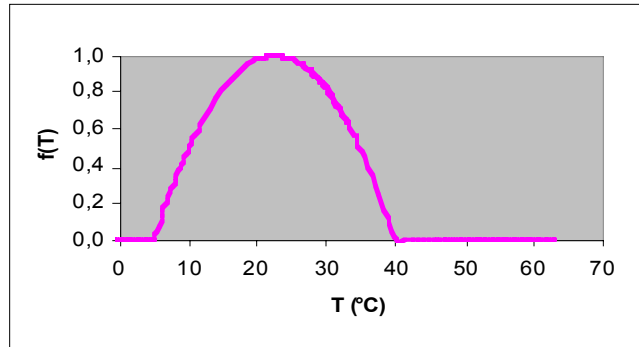
$$\frac{d a_p}{dt} = [f(T_p) \quad a_0 \quad - m] \quad a_p$$

$$\frac{d a_b}{dt} = [f(T_b) \quad a_0 \quad - m] \quad a_b$$

taxa de crescimento da área fator de crescimento solo não ocupado taxa de mortalidade área já coberta

$$f(T) = \max \left[1 - \left(\frac{T - 22,5}{17,5} \right)^2; 0 \right]$$

unidade: ano⁻¹



Programe essas equações usando uma planilha eletrônica. Assuma:

$k = 0,5 \text{ } ^\circ\text{C} (\text{W m}^{-2})^{-1}$ $m = 0,2 \text{ ano}^{-1}$ $\alpha_b = 0,4$
 $kk = 0,4 k$ $\alpha_0 = 0,3$ valor inicial: $a_b = a_p = 0,01$
 $S_0 = 291 \text{ W m}^{-2}$ $\alpha_p = 0,2$

Faça S variar de 200 a 500 W m⁻², durante um período de 100 anos. Use dt = 0,25 ano. Plote todas as variáveis para ter certeza de que seu modelo está funcionando corretamente. Plote gráficos de a_p, a_b e T versus

The Art of Modeling: A Discussion

Bill Parton led a discussion on Saturday morning. The discussion began with the basic question. "Why use ecological models?" The first response requires the potential user to consider the objective of the model? What does the user intend to predict or understand through modeling. Models can be differentiated into 2 general categories, scientific and applied. The scientific models are used to understand processes in nature. Applied models are designed to make specific predictions.

In all models, a balance must be made between complexity and practicality. In recent years, the increase of computing power has allowed models to become more complex. However, complex models are not necessarily better models. The history of recent modeling efforts aimed at improving the management of the Chesapeake River Basin and the Everglades in the US point out that even comprehensive efforts to develop ecosystem models may lead to failure.

Models may be linked to one another. Two examples are the linkages of atmospheric models with land surface models (e.g. SiB in GCM's) and the linkage of ecosystem models with economic models (e.g. CENTURY used in prediction of future N₂O releases related to agricultural practices).

Model stability is a critical issue. While some models are inherently stable, other efforts may lead to unexpected results. For example, the introduction of dynamic allocation into BIOME-BGC led to unrealistic behavior of the model vegetation. In all modeling cases, validation is critical.

The discussion continued with an example raised by Michael Keller of a simple experiment with SiB2. In this experiment, rooting depth was increased from 4 to 10 m. Surprisingly, though the water available to plants increased, the carbon assimilation barely changed. The course participants were asked to contemplate why this rooting depth change did not change carbon assimilation as it might in nature. In addition, participants were asked to what temporal extent they might trust a well-calibrated SiB2 to make carbon exchange predictions. These 2 questions raised the issues of model sensitivities, boundary conditions, and temporal resolution.

Bill Parton next raised the example of NPP prediction. He showed that simple linear functions of AET for grasslands and forest could predict NPP for ecosystems globally with greater confidence than any current ecosystem model. The discussion followed on the virtues of simple statistical models versus process models that simulate processes.

Concluding Discussions

Michael Keller and Carlos Nobre led a discussion at the conclusion of the participant presentations. The students were primarily interested in a practical follow-up on the activities of the course. All agreed that there was still much that needed to be done to enhance ecological and Earth system modeling activities in South America. The student suggestions fell into three general categories: (1) a network activity for the course participants; (2) a follow-up to the current course; and (3) new courses for the future.

Luciana Monaco, Manoel Cardoso, and Antonio Oviedo volunteered to act as course secretaries in order to facilitate communication among course participants. An e-mail list was set up for course participants, and a course website (<http://lba.cptec.inpe.br/lba/indexi.html>) was established for the students to develop their models and subsequent projects together.

As a follow up to the course, several students expressed interest in dissemination of the models and software like Stella among their colleagues. There was considerable interest in bringing the group back together for a "Mini-Workshop" perhaps coordinated with a future LBA meetings. The Mini-Workshop would allow students to compare their progress in research and their modeling studies. Students looked forward to collaboration with existing modeling groups to develop their ideas. It was suggested that the best projects might be selected for development into deeper studies and ultimately into published work.

All present felt that there was a large potential constituency for a repeated version of the workshop. There had been many more applicants than participants in the course. Students expressed the opinion that given what they had learned, they would return to their home institutions and give the course a strong recommendation. Thus, they would create a new constituency for a second course. Others recommended that rather than promote a central course, instructors and students should combine efforts to bring this course or perhaps customized versions thereof to their home institutions. Luciana Monaco and Beatriz Gomes both indicated that there was a strong desire among undergraduates in Santarem and Ji-Parana to have exposure to the modeling ideas and techniques discussed in the course.

After two weeks of intensive work, there was little doubt that everyone, including instructors and students alike, had learned a great deal in the LBA-GAIM modelling workshop.

Participant Reports

Model of fire effects on tropical savannas of Calabozo, Venezuela

Bibiana Bilbao
Ivan Bergier Tavares de Lima

Objectives

To evaluate by model simulation the effect of different fire regimes on plant productivity of dominant grass species: *Hyparrhenia rufa* (an African grass that invaded the zone several years ago) and *Trachypogon plumosus* (native species) in tropical savannas of Calabozo.

Approach

Changes in productivity of the herbaceous layer in savanna plots with different fire regimes were studied at Calabozo, Venezuela. North of the experimental station savannas were dominated by *Hyparrhenia rufa* (an African grass that invaded the zone more than 20 years ago), while in the southern section *Trachypogon plumosus* (native grass species), share the dominance with *H. rufa*. In the first year after fire, plant productivity was higher in areas dominated by *H. rufa* that were frequently burned. The African grass was more sensitive to fire exclusion than native species. In areas protected against fire dead tussocks of *H. rufa* were frequently found, while *T. plumosus* maintained a small fraction of green biomass in this condition.

A high fire frequency (1 event each year or two years) did not affect, in long term, the plant productivity, in areas dominated by *H. rufa* and *T. plumosus* when these species growth alone. The same fire regime reduced the *T. plumosus* productivity in the southern section of the experimental station where this species share the dominance with *H. rufa*.

Methodology

The modelling Program Stella was used to simulate the effects of two fire regimes (fire exclusion and 1 fire every 2 years) on biomass productivity of the native and African species in Calabozo. Two sections (one per species) were contemplated in the model.

Fire exclusion

In the first situation the growth and mortality dynamics of T.p. and H. r. was simulated. Two stocks: Green Biomass and Dead Biomass ($g \cdot m^{-2}$), Three fluxes: Growth, Mortality, and Descomposition ($g \cdot m^{-2} \cdot month$), and three connectors: (k, u and d rates) respectively were considered (fig. 1)¹. The unit time was month, and the total period 10 years (120 months).

| | H.r. | T.p |
|----|----------------|----------------|
| kg | Graph function | Graph Function |
| u | 0.085 | 0.05 |
| d | 0.06 | 0.045 |

To consider the annual seasonally (dry and wet season: 6 mo. length) effect on the growth, sin function was estimated as:
 $kg \cdot (A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot time/12) + A)$

where kg and the amplitude (A) were environmental and specific characteristics respectively.

In the second situation the detrimental effect of the dead biomass accumulation was considered.

A factor kd was introduced. This factor depend on the dead biomass accumulation and determines DEADFUNCTION in H.r., which formulae was:

$$IF((TIME < 36) \text{ and } (dead_biomass_Hr1 < 1000)) \text{ THEN } (kdHr) \text{ ELSE } (0)$$

The lethal critical value of H.r. death biomass was considered $1000 g \cdot m^{-2}$ (in base of observational studies and growth dynamic of H.r.). The times was and important input (36 months=3 years). In the beginning of the growth period the first assumption is true ($dead_biomass_Hr1 < 1000$), so the kdHr is applied, the growth and the dead biomass accumulation is reduced. In short time the growth is initiated again in a new cycle, and the critical level never is reach. In protected areas without fire, H.r. reach the critical value, so this condition is introduced. Although, there is a dead biomass accumulation control over T. p. production, it is never reach this critical value.

Two years fire frequency

In this situation, two flows: green and dead burned biomass, and three connectors: fire probability, inflammability and fraction-green-burned were added.

¹ The fire effect was cancelled with fire probability=0

The dead and green burned biomass are affected by Fire probability. This parameter is a graphic function (the same for the two species), it refers to the probability of fuel to be burned, and it depends on dead biomass/total biomass ratio. The Inflammability was higher in H.r.: 1.15 than T.p.: 1, and the fraction-green-burned biomass was 0.8 and 0.4 respectively. These two parameters determined the green and dead burned biomass.

Two situations were simulated: Each species growing alone (without interference of the other), and sharing the area.

For the second situation: fuel inflammability was assumed to be the control factor in the interaction. Growing together the higher fuel inflammability of H.r. increased the total burned biomass of T.p., and reduced the residual biomass, that determines the regrowth in perennial grasses (named kfuego in this model). Kfuego is a graph function of residual biomass (fig.) that determines FIREFUNCTION. It was defined as:

$$\text{IF}((\text{TIME}<24)\text{and}(\text{TpresidualbiomassX}<325))\text{THEN}(\text{kgtp})\text{ELSE}(\text{kfuego})$$

A critical value: 325 g*m⁻² of residual biomass of T.p. to regrowth was taken as known. This formulae is similar as dead biomass control explained before. In this case, when TpresidualbiomassX is lower than 325, Tp grows with kgtp growth factor, else kfuego (that reduces growth). The time condition (24 months=2 years, when fire occurred) was introduced, to avoid the application of the function in the beginning of the growing period when TpresidualbiomassX < 325.

Conclusions

This model allowed to establish the relation of different biological and physical processes involved in the productivity dynamic in savannas dominated by H. rufa and T. plumosus.

The modeling simulation seems to reflect the species behavior observed in the field.

- The main factors that regulate the growth dynamics in these species were:
 - dead biomass accumulation
 - biomass removal by fire (residual biomass for regrowth).

H. rufa accumulated more dead biomass than T. plumosus. With no incidences of fire events, H. rufa declined its own growth, showing a higher dependence of fire frequency.

When these species grow together, a higher intensity of fire due to a higher inflammability of H.r. , produces a larger biomass removal of T.p. These conditions limit the regrowth of this species, leading after often fires to a strong depletion and a replacement by H. r.. This African species maintain its productivity in a steadily state.

Future perspectives

This model

To introduce more data obtained in the field for a better parameterization of k factors.

More sophisticated models

To simulate the seedling establishment of H. rufa after fire disturbance.

To simulate different fire regimes.

What will it happen after the dead H. rufa? (dynamics savanna-forest)

Desenvolvimento de um modelo de simulação para exemplificar efeitos de vários fatores ambientais sobre a fotossíntese de folhas isoladas.

Cláudio J. Reis de Carvalho
Eugênio Sper de Almeida

Objetivo

Obter um modelo, baseado em Stella, capaz de simular as respostas de folhas a fatores ambientais tais como:

- Radiação (PPFD)
- Concentração de CO₂ (C)
- Concentração de vapor d'água (W)
- Temperatura da folha (T_l)

Usando como parâmetros de resposta:

- Taxa de fotossíntese líquida (A)
- Transpiração (E)
- Condutância estomática ao vapor d'água (g_{sw})
- Concentração intracelular de CO₂ (C_i)

Metodologia

O modelo foi construído com auxílio do programa STELLA. Foi utilizada uma estrutura compartimentalizada separando-se os componentes principais (A, E, g_{sw}, C_i). As respostas foram moduladas através das variáveis e equações introduzidas nos conversores.

Foram usadas as seguintes equações:

TRANSPIRAÇÃO (E)

$$E = \frac{F(W_S - W_R)}{100(1000 - W_S)}$$

$$E = \text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$$

$$F = \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$$

$$W_S = \text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$$

$$W_R = \text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$$

CONDUTÂNCIA TOTAL AO VAPOR D'ÁGUA (g_{tw})

$$g_{tw} = \frac{E(1000 - \frac{W_l + W_s}{2})}{W_l - W_s} \quad W_l = \frac{e(T_l)}{P} \times 1000$$

$$g_{tw} = \text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$$

$$W_l = \text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1} \text{ (dentro da folha)}$$

$$T_l = ^\circ\text{C} \text{ (temperatura da folha)}$$

$$P = \text{kPa}$$

CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA AO VAPOR D'ÁGUA (g_{sw})

$$g_{sw} = \frac{1}{\frac{1}{g_{tw}} - \frac{k_f}{g_{bw}}} \quad kf = \frac{K^2 + 1}{(K + 1)^2}$$

$$K = 0,5$$

$$g_{bw} = 3,3 - 6,6 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$$

$$g_{sw} = \text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$$

$$k_f = \text{fração estomática}$$

FOTOSÍNTESE LÍQUIDA (A)

$$A = \frac{F(C_R - C_S)}{100S} - C_S \cdot E$$

$$A = \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$$

$$F = \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$$

$$C_R = \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$$

$$C_S = \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$$

$$S = \text{cm}^2$$

CONCENTRAÇÃO INTERNA DE CO₂ (C_i)

$$C_i = \frac{(g_{tc} - \frac{E}{2})C_s - A}{g_{tc} + \frac{E}{2}} \quad g_{tc} = \frac{1}{\frac{1.6}{g_{sw}} + \frac{1.37kf}{g_{bw}}}$$

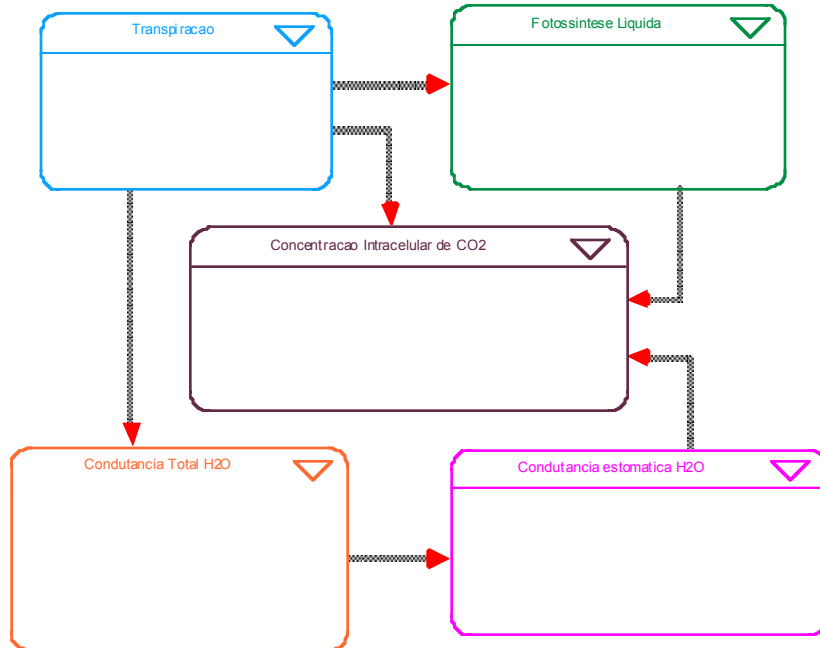
$$C_i = \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$$

$$g_{tc} = \text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1} \text{ (condt. Total CO}_2\text{)}$$

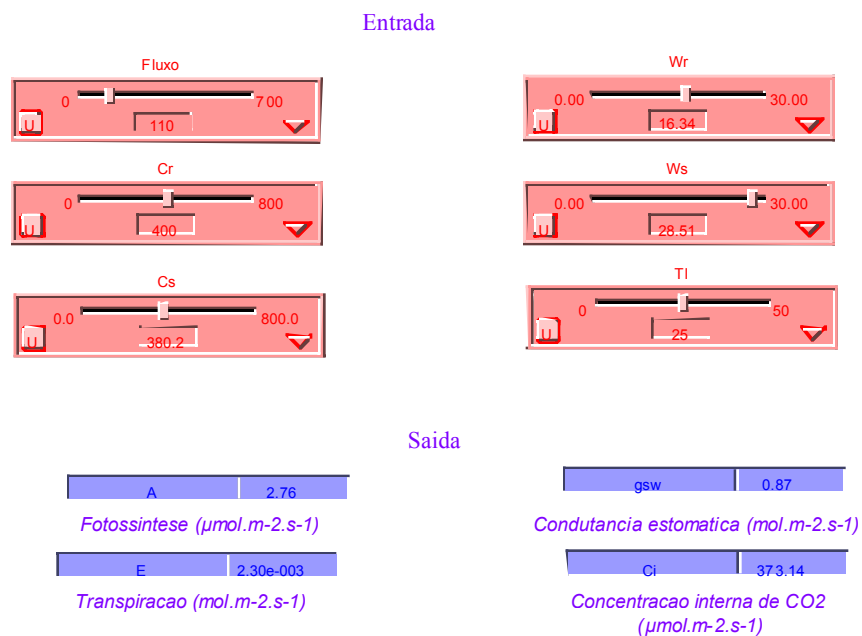
Resultados

O modelo obtido proporcionou respostas teoricamente coerentes às variações induzidas nos parâmetros fluxo molar (F), fração molar de CO₂ (C) e de H₂O (W), assim como da temperatura da folha.

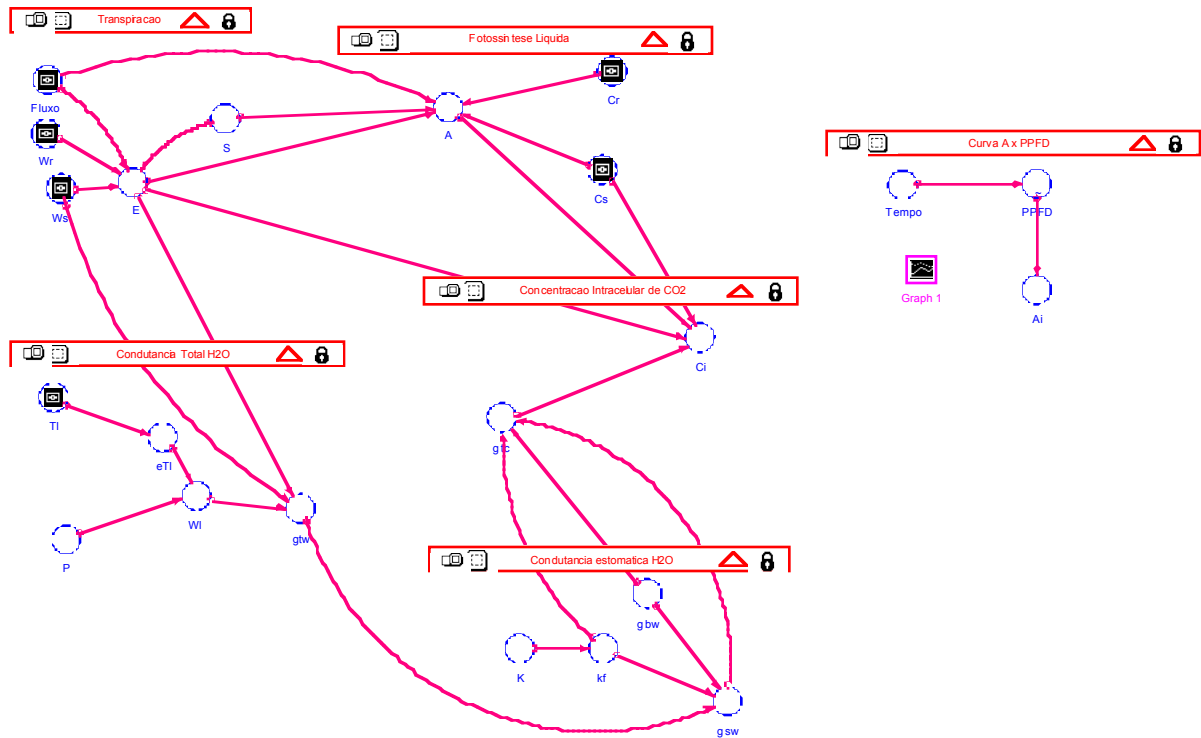
High-Level Mapping Layer



High-Level Mapping Layer



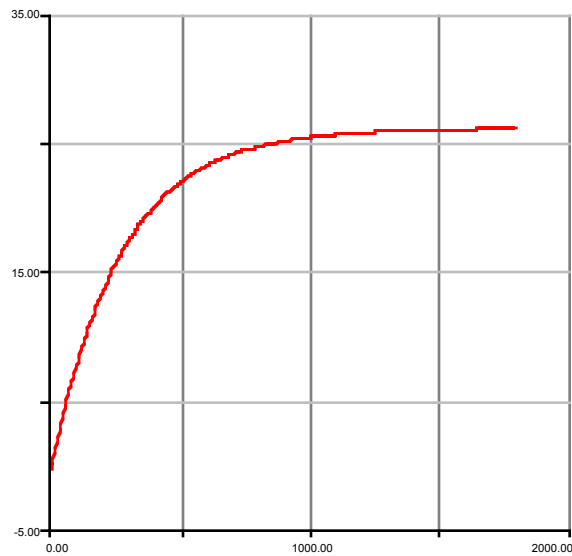
Model Construction Layer



Obteve-se também uma curva A x PPFD ilustrativa do comportamento de uma planta C3.



1: PPFD v. Ai



Graph 1 (Untitled Graph)

PPFD

11:02 AM 7/27/00

O modelo é funcional e pode ser utilizado em aulas práticas.

Futuro

O modelo apresentado é bastante simples e restrito à fenomenologia. Porém, a sua estrutura deverá servir de base para simular o funcionamento de analisadores de fotossíntese.

Comparação entre dados de Fluxo de CO₂ noturno medidos em áreas de floresta em Rondônia com valores obtidos através do SiB durante o Projeto LBA

Helber Custódio de Freitas -- Demerval Soares Moreira

Objetivo

Este projeto tem como objetivo verificar a coerência entre medidas reais de fluxo de CO₂ noturno com valores de respiração das plantas obtidos através de modelagem numérica (SiB) somados às medidas de respiração de solo durante 1999. Esta atividade possibilitará verificar a ordem de grandeza e grau de representatividade dos valores simulados pelo SiB com relação aos dados reais, bem como adquirir noções a respeito do modelo SiB apresentado, entre outros modelos, durante o GAIM – LBA.

Metodologia

As medidas de fluxo de CO₂ noturno serão retiradas dos conjuntos de dados de longo termo de fluxo de CO₂ medidos durante o projeto LBA na região de floresta durante o ano de 1999. Através do SiB, é possível simular a respiração das plantas para o mesmo período, de onde serão retirados os valores noturnos, pois assume-se que a respiração das plantas no período noturno é pequena devido a sua baixa atividade metabólica. Assim, a respiração do solo representa a maior contribuição no fluxo noturno de CO₂, sendo que:

$$F_{CO_2 NOTURNO} = R_s + R_p \quad (1)$$

$F_{CO_2 NOTURNO}$ representa o fluxo de CO₂ noturno;

R_s representa a respiração do solo;

R_p representa a respiração das plantas.

Sabe-se que a resposta para respiração do solo fornecida pelo SiB é deficiente devido a sua parametrização considerar a respiração do solo como função apenas da temperatura do solo, sendo que a sua umidade é outro fator de grande influência. Dessa forma, a respiração de solo medida será somada aos valores simulados de respiração das plantas noturna durante o mesmo período de dados com o objetivo de comparar com os valores de fluxo de CO₂ modelados e medidos.

Resultados

Para simular os valores fornecidos pela saída do SiB é necessário alimentá-lo com dados horários de radiação solar incidente, saldo de radiação, pressão de vapor, temperatura, vento horizontal, fluxo de calor sensível e latente. As variáveis simuladas observadas foram fluxo de CO₂ e respiração das plantas, cujos valores foram filtrados de modo que os dados plotados correspondem aos valores médios do período noturno para cada dia de simulação. O Mesmo foi feito com os dados de fluxo de CO₂ observados. Já os valores de respiração de solo, correspondem à média diária das medidas feitas duas vezes ao mês aproximadamente. Todos os dados plotados foram cronologicamente organizados e possuem a mesma unidade ($\mu\text{mol C m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

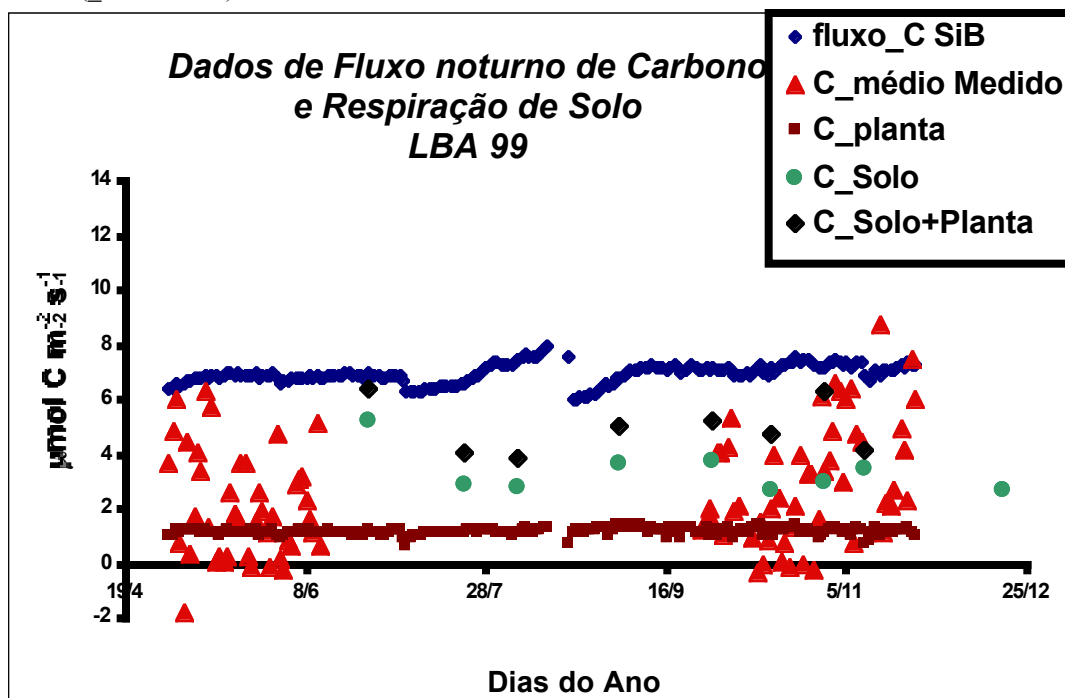


Fig.1: Valores modelados médios noturnos de fluxo de CO₂ (azul), respiração das plantas (marrom), medidas médios noturnas de fluxo de CO₂ (vermelho), valores médios diários de respiração do solo (verde) e soma dos valores médios diários de respiração do solo com valores modelados médios noturnos de respiração das plantas (preto).

A figura 1 apresenta valores reais de fluxo de CO₂ total e do solo, e valores simulados de fluxo de CO₂ total e respiração das plantas. Os valores gerados pela simulação são bem comportados e não apresentam sazonalidade, que pode ser observada nos valores médios de respiração do solo. Isso evidencia que a falta de umidade do solo pode ser uma forçante do modelo, além da ausência de parametrizações associadas à decomposição de matéria orgânica presente no solo como função de variáveis meteorológicas (umidade e temperatura do solo, por exemplo), entre outras.

Quando as médias de respiração do solo são somadas aos valores simulados de respiração das plantas obtém-se valores coerentes quando comparados às médias dos fluxos de CO₂ medidos e reais, embora tal soma não represente exatamente os fluxos em questão.

Conclusões

Apesar da descontinuidade dos dados reais de fluxo de CO₂, nota-se que o modelo não consegue representar com fidelidade os processos de fluxos, pois os comportamentos são bastante distintos, além de haver super estimativa por parte do modelo, que representa apenas sua ordem de grandeza.

Através dos dados observados obtém-se valores médios noturnos de fluxo de CO₂ negativos, indicando que possivelmente haja problemas com tais medidas, prejudicando a qualidade e confiabilidade dos dados.

Os valores médios de respiração de solo somados às médias noturnas de respiração das plantas modelada são coerentes com as médias noturnas das medidas de fluxo de CO₂, mas sempre inferior aos valores modelados médios noturnos de CO₂.

Este trabalho possibilitou observar as deficiências do modelo SiB com relação à representação dos efeitos sazonais na modelagem dos fluxos de CO₂, e, da mesma forma, entender sua resolução temporal, aplicabilidade e limitações quanto aos objetivos de um determinado estudo.

Perspectivas

Futuramente pode-se aprimorar o modelo SiB aperfeiçoando e introduzindo novas parametrizações capazes de superar suas deficiências, como por exemplo, a influência da umidade no solo para a respiração do solo, bem como introduzir a representação de processos biológicos no papel da decomposição de matéria orgânica presente no solo. Tais fenômenos são limitantes para este modelo, pois não permitem que o SiB seja um modelo adequado para modelar e resolver balanços anuais de fluxo de carbono na atmosfera. Um ponto positivo neste modelo está no fato de ser escrito em FORTRAN e possuir seu código aberto, permitindo alterações de parâmetros, ajustes e introdução de novas parametrizações. Para tanto, quaisquer dados reais devem ser o mais confiáveis possíveis para a calibração de um modelo matemático capaz de representar um determinado processo.

Simulação Do Efeito Das Queimadas Em Uma Floresta Utilizando O Modelo SiB2

Beatriz Machado Gomes.

Jose Luis Ormachea.

René Gutierrez

1. Objetivo.

Aplicar o modelo Sib2 em uma simulação de queimada, em áreas próximas a floresta da região Amazônica, durante o período seco, com variação de CO₂ e radiação. Pretende-se verificar o comportamento das variáveis de evapotranspiração, assimilação de carbono e fluxo total de carbono.

O Estado de Rondônia sofre um rápido processo de desflorestamento para implantação da agricultura e ou pecuária, sendo o método de queimadas um dos meios mais utilizados para remoção da cobertura vegetal original. As queimadas ocorrem com maior frequência e intensidade, entre os meses de agosto e setembro, durante a estação seca, que inicia-se por volta do mês de maio seguindo até meados de outubro, ocasionado um aumento de partículas e gases na atmosfera, provenientes da combustão. Estes gases, em maiores proporções que o observado pela Organização Mundial de Saúde, causam danos à saúde, principalmente da população local. Estes gases também podem ser dispersados pelas correntes de circulação atmosférica, podendo alterar outros sub-sistemas em equilíbrio.

Um maior conhecimento sobre o comportamento de absorção de CO₂, pela população vegetal, poderá auxiliar a esclarecer sobre os mecanismos de controle ambiental natural e estabelecer melhores manejos de controle da qualidade ambiental.

2. Metodologia.

Foram alterados os códigos do modelo SIB2 para simular as condições pretendidas de queimada, sendo as de aumento da concentração de CO₂, que na simulação foi de 50%, e diminuição da radiação recebida (swdown), em 20%, em dados já obtidos no sítio experimental da Reserva Biológica de Jarú, localizada no Estado de Rondônia, Brasil.

As alterações foram rodadas, para o período de um ano, para os dados de 1993. Posteriormente procedeu-se a análise dos dados obtidos. As simulações foram realizadas em etapas: a primeira com o aumento do CO₂, a segunda com a redução do nível de radiação recebida e por último, da combinação da alteração das duas variáveis.

Os gráficos finais foram remontados, para um período de um ano, com dados importados da simulação da ação conjunta das duas variáveis, para o período estabelecido anteriormente para a queimada.

3. Resultados

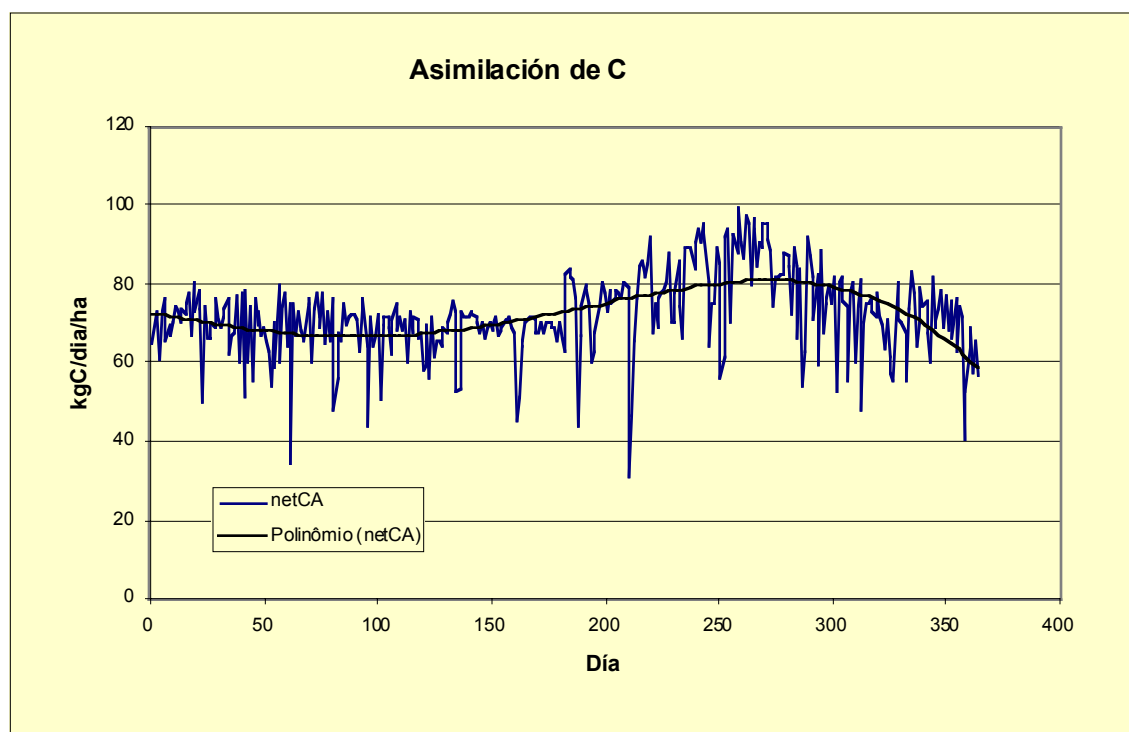
3.1. Alterações individuais de swdown e CO₂

Na simulação de aumento do CO₂ pelo período de um ano, houve alteração, não expressiva, da evapotranspiração; acentuado aumento da Assimilação de Carbono (NetCA), em torno de 20%. Observou-se um ligeiro aumento nos dados de fluxo total de Carbono (C-flux).

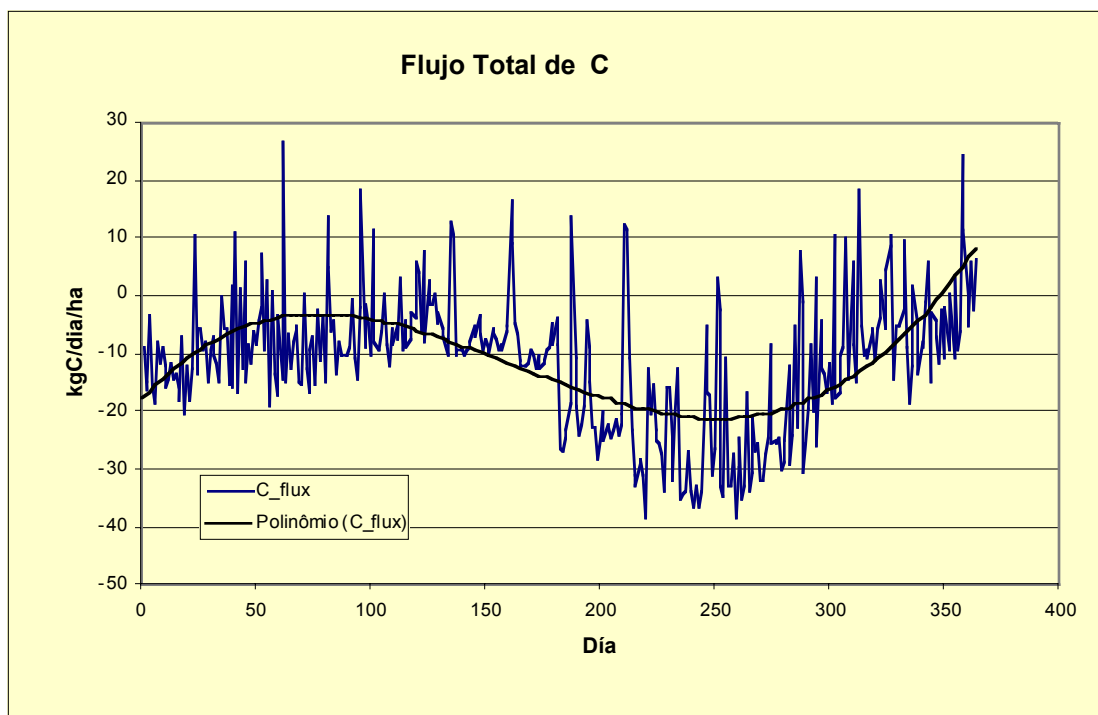
Na simulação de redução de radiação incidente, houve significativa redução na evapotranspiração e ligeiro aumento da Assimilação de Carbono. Para os dados de fluxo de Carbono (C-flux), observou-se ligeiro aumento.

3.2. Combinação das duas alterações

Para os dados rodados com as duas alterações simultâneas, observou-se uma redução na taxa de evapotranspiração e aumento de ligeiro aumento da Assimilação de Carbono. Para Fluxo total de Carbono, observou-se ligeira diminuição.



Para as variáveis de precipitação (Prec), escoamento total de água (Runoff), fluxo de calor sensível (Heat flux) e Efluxo de CO₂ do solo (SoilRes) nas três simulações não se observou alterações significativas. Para Prec, Runoff e Heat flux, a não alteração corresponde a condição real do ambiente. Para Soilmoist foi observado ligeiro aumento.



4. Conclusões

O modelo apresentou indícios de que as plantas aumentam a assimilação do carbono mas se preservam da perda de umidade durante a queimada, que ocorrem nas épocas de seca. O fator determinante para a redução da evapotranspiração foi radiação. O aumento na quantidade de Assimilação de carbono (NetCA) indica que houve uma maior atividade fotossintética, como resposta do desequilíbrio do nível de CO_2 , levando a floresta ao comportamento de sorvedouro.

Um possível mecanismo vegetal para esta observação, seria a permanência do tamanho da abertura dos estômatos, ou até mesmo uma ligeira redução, mas com um aumento no fluxo de carbono, favorecendo uma maior assimilação de CO_2 .

5. Referências Bibliográficas

- Grace, J.; Malhi, Y. The role of rain forest in the global carbon cycle. *Progress in Environmental Science* v.1, n.2, p 177-193, 1999.
- Gash, J.H.C.; Nobre, C.A.; Roberts, J. M.; Victoria, R. L. *Amazonian Deforestation and Climate*. John Wiley & Sons, 3 e., 1996.

Effects of El Niño-Southern Oscillation (ENSO) on shade and sunny coffee cultivation techniques in Colombia.

**Lina Mercado
Carlos Hoyos**

Background

Coffee in Colombia is planted in the Andean region. It is grown in a range of 800-1800 m of altitude. The two techniques used to cultivate coffee in Colombia are shade and sun plantations. Shade plantations grow coffee plants beneath trees. The sun technique includes only coffee plants in a place where there are no trees. This technique aims to maximize the coffee production.

ENSO phenomena has a warm (El Niño) and a cold phase (La Niña). During the El Niño event, negative anomalies of precipitation occur in the main coffee region in Colombia. In contrast, when La Niña takes place, positive anomalies of precipitation are present.

Objective

We want to build a model that simulates the life cycle of a coffee plantation in order to see the different effects of ENSO events on annual plant productivity under two techniques of coffee cultivation, sunny and shade coffee plantation.

Methodology

Coffee is grown and harvested through a simple carbon mass balance and the hydrological cycle in a coffee plantation is modeled. The model is run daily.

Growing coffee

Only one carbon stock is used for growing a coffee plantation. This carbon stock includes all carbon in above and below ground.

The balance of carbon in the coffee plantation is represented:

$$\frac{DC_{\text{Coffee}}}{dt} = \text{Growth} - \text{litterfall} - \text{harvest} - \text{cut} - \text{flowers falling}$$

$\frac{DC_{\text{Coffee}}}{dt}$ is the amount of carbon in t accumulated in one half of coffee.

Growth, litterfall, harvest, cut, and flowers falling are flows of carbon in t c /ha-day.

Growth in this case is only dependent on a soil moisture function. This function has a maximum growth value that occurs when optimum soil moisture conditions are present. For lower and higher values of soil moisture, this function has lower values of growth (Figure 1)

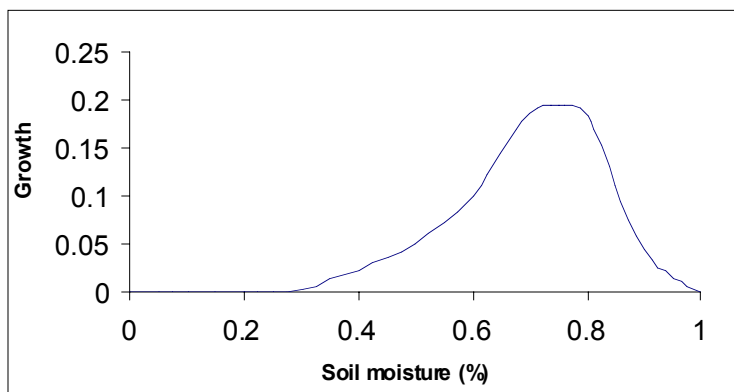


Figure 1. Function of soil moisture Vs growth used in the model.

Lacking data about carbon content in coffee plantations, we estimated those values based on the amount of carbon in a typical Amazonian rainforest. We estimated a coffee plantation having 50% of the amount of carbon a mature rainforest has per unit area.

Under normal conditions of precipitation and light, a sun coffee plantation has higher photosynthetic efficiencies than a shade coffee plantation. The model assumes that a shade coffee plantation has 30% lower growth than a sun coffee plantation.

Litterfall

Coffee plants have many leaves. In this model, leaves are assumed to be 40% of total plant carbon. It is also assumed that all leaves fall each year. During the first 4 years of growth, litterfall in the model is a growing function starting from 0 and ending in 0.4 (Figure 2). After the first 4 years, litterfall continues constant at a value of 40% of total plant carbon until the plant is cut and the life cycle starts again.

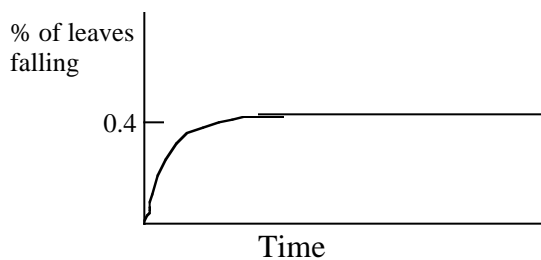


Figure 2. Percentage of leaves falling Vs time during one life cycle

Harvest

Coffee is harvested only after 4 years of growth because only after this time the coffee plant starts producing coffee grains. There are two harvesting seasons within each year. During the first harvest (Nov and Dec), 70% of the total production is picked up and the remaining 30% is harvested during the second season (March- April). The model assumes that coffee grains contain 25% of total plant carbon.

Cut

Sun and shade plantations have different life cycles. The sun plantation has an 8-year life cycle. In this technique, after 8 years, plants are too big and light competition starts resulting in lower yields. The shade plantation has a 15-year life cycle. Under normal conditions of precipitation and light, a sun coffee plantation has higher photosynthetic efficiencies than a shade coffee plantation. As a result, shade plantations grow slower and their life cycle is longer than in sun coffee plantations.

Flowers falling

When very intense precipitation events occur, like during La Niña, flowers fall. As a result, grains do not grow and there is nothing to be harvested. The model simulates this situation through a precipitation limit. When this limit is exceeded, carbon from flowers is removed and the big harvest after this event is lost. The model assumes that not all flowers fall, letting the smaller harvest to be picked up.

Lacking shadow, a sun plantation has high chances of losing its flowers when very intense precipitation occurs. The model simulates this situation removing higher amounts of flowers for the sunny technique than for the shadow technique.

Hydrological cycle

The hydrological model was built based on tree water reservoirs as follows

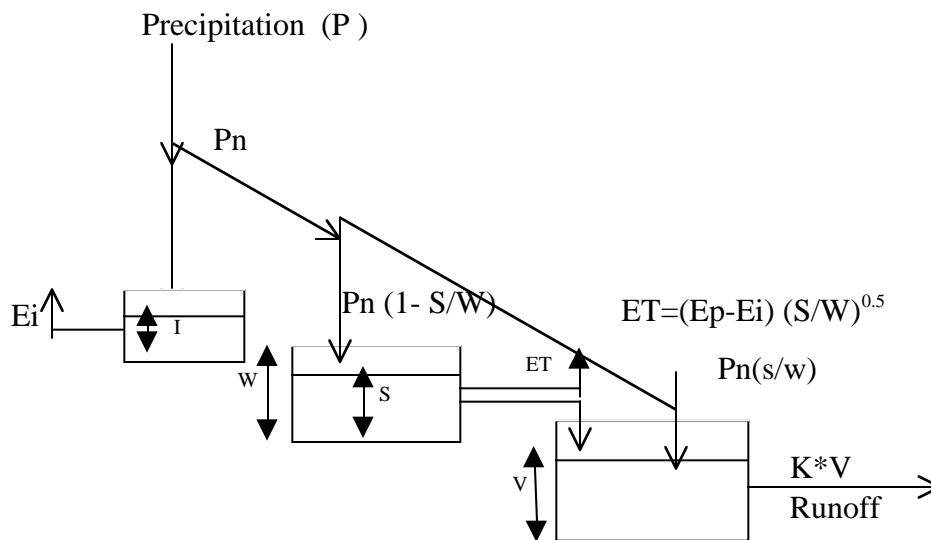


Figure 3. Model for the hydrological cycle.

| | |
|-----|---|
| P | daily precipitation [mm] |
| W | water holding capacity of the soil [mm] |
| S | total amount of water in the soil [mm] |
| I | maximum interception [mm] |
| ET | evapotranspiration [mm] |
| Ep | potential evapotranspiration calculated using daily temperature data [mm] |
| Ei | intercepted water evaporated [mm] |
| K*V | runoff [mm] |
| K | runoff constant |

Application

The model is run under the two coffee techniques already mentioned: sun and shade plantations using the same climate data.

Scenario A: Sun technique: only coffee plants are present.

Scenario B: Shade technique: Coffee plants and trees are present.

Table 1 presents different parameters used in Scenario A and Scenario B

| Parameter | Scenario A (sun coffee) | Scenario B (Shadow coffee) |
|----------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Soil water holding capacity [mm] | 200 | 400 |
| Interception loss [mm] | 1 | 4 |
| Potential evapotranspiration | Lower | higher |
| Chance to lose flowers | Higher | lower |
| Growth | Higher | 30% lower |
| Life cycle [years] | 8 | 15 |

Data

Real climate data (precipitation and temperatures) from 1959 to 1988 in a specific coffee region of Colombia was used (UNALMED, COLCIENCIAS, UME, 1999).

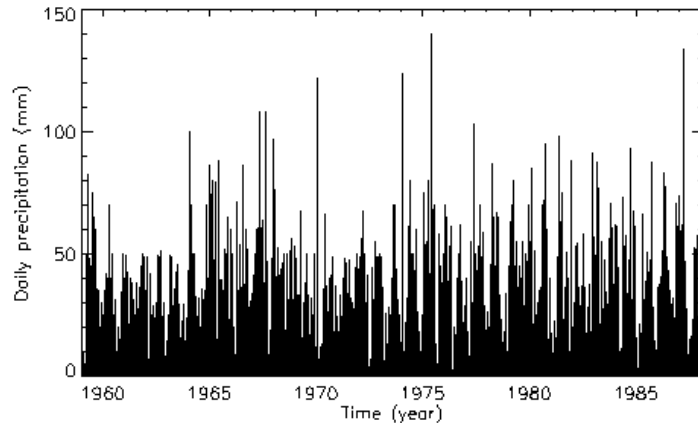


Figure 4. Daily precipitation data for running the model.

Results

Expected

Even though the sun coffee technique is designed to yield a greater coffee production, we are expecting higher yields when using the shade technique. During the warm and cold phases of ENSO, the sun coffee lacks moisture controls, resulting in total lower yields.

Obtained

Soil moisture (Figure 5) under the shade technique is mainly regulated by the trees present in this type of coffee cultivation. Sun coffee behaves with higher maximum and lower minimum values than shade coffee, showing higher values of standard deviation.

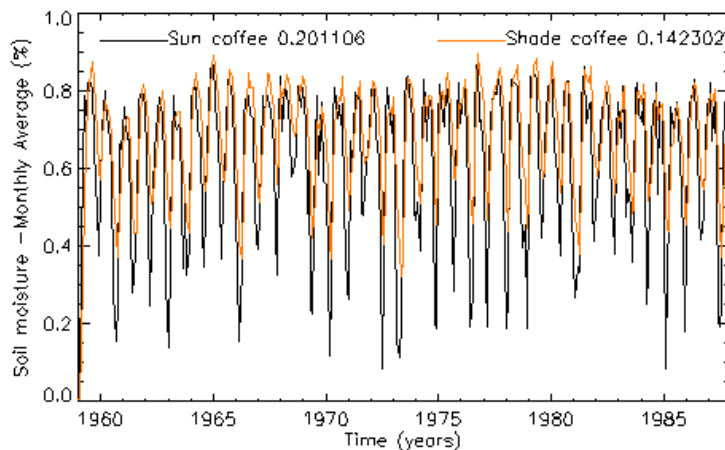


Figure 5. Monthly soil moisture averages for sun and shade coffee plantations

As expected, evapotranspiration (Figure 6) is higher in shade coffee than in the sun technique. This happens due to the higher interception and deeper roots from the shade trees.

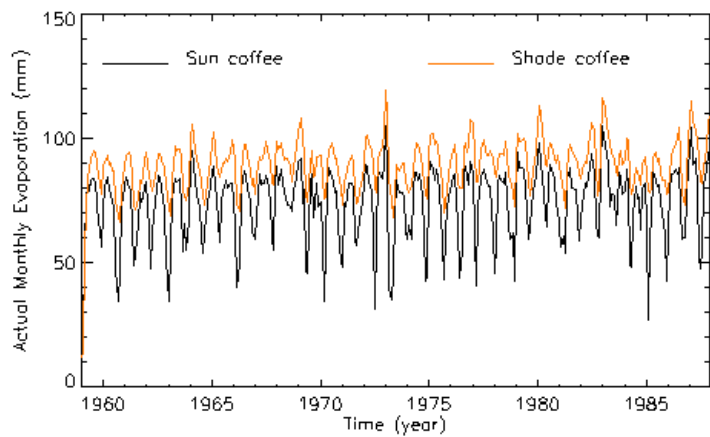


Figure 6. Actual monthly evapotranspiration for sun and shade coffee plantations

Carbon content in coffee plants (Figure 6) changes with time due to soil moisture variations and also due to management.

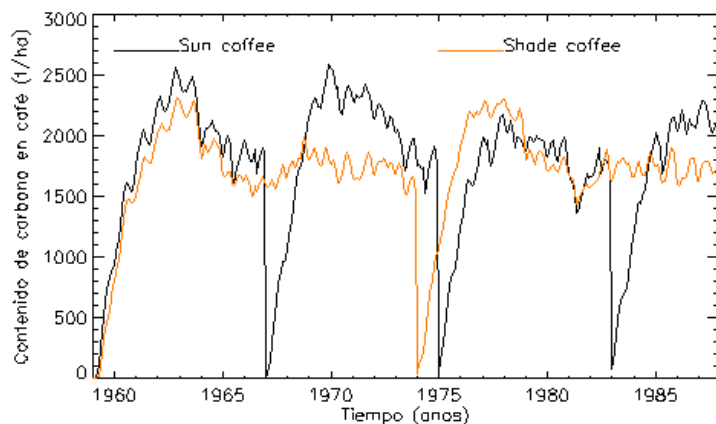


Figure 7. Carbon content in coffee plants

Under normal climate conditions, annual coffee production is higher in the sun cultivation. During El Niño and La Niña events, production is higher in the shadow technique. This change in production is due to lower values of soil moisture during El Niño and higher values of soil moisture and flowers falling during La Niña. If calculating the total production for both techniques, the shadow coffee technique has higher production.

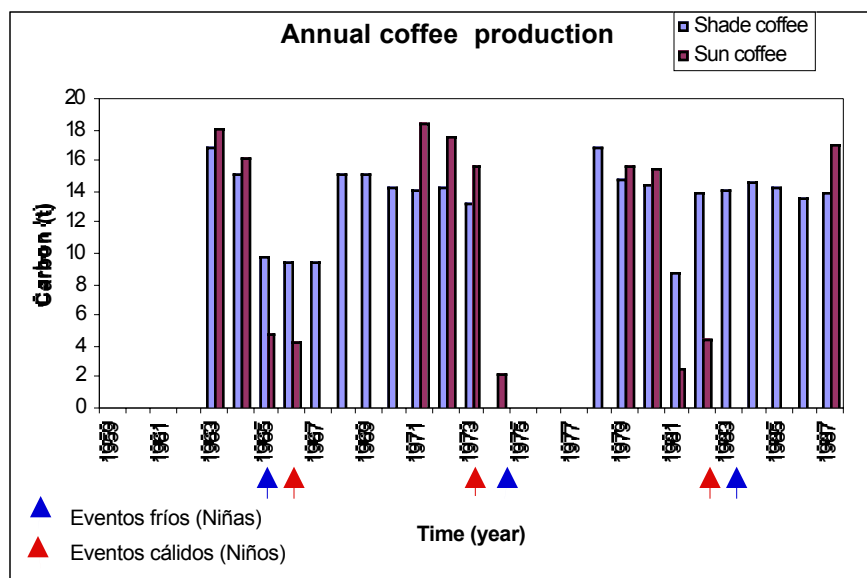


Figure 8. Annual production for sun and shade coffee plantations.

Conclusion

Under the conditions used in this model, annual coffee production is highly affected by precipitation. Specifically, sun coffee was showed to be more sensitive to high and low precipitation.

Future

Modeling coffee production is a need in Colombia since it represents an important level in the economy of the country. Some of the aspects that need to be included and improved are:

- Need of data to parameterize and calibrate the model.
- A growth function dependent on all necessary factors affecting growth such as light, soil moisture, nitrogen and phosphorous available in soil.
- Carbon content in coffee plantations
- Sun and shadow coffee yields.
- Better representation of amount of flowers falling during intense precipitation.

References

Unalmed, Colciencias, Ume 1999. Balances hidrológico de Colombia.

One of the gaps in this model was data. We lacked data mainly in the part of coffee. Most detailed information about sun and shade coffee plantations such as life cycles, harvest seasons, water holding capacities, etc were given by Luis Gonzaga Giraldo. Luis Gonzaga Giraldo is one of the students of this course who was a wide knowledge of coffee plantations in Colombia.

Modelagem do processo de substituição da floresta tropical por savanas induzido por fogo

Luciana M. Monaco

Objetivo

Simular o processo de savanização da floresta tropical induzido por queimas sazonais em períodos de baixa precipitação pluviométrica (estação seca).

Introdução

Existe atualmente na Amazônia um processo nítido de savanização da floresta em resposta a regimes de queima sazonais. A dinâmica deste processo está associada a regimes sazonais de chuva, onde em épocas de menor precipitação o fogo entra com maior facilidade nas áreas de savana, podendo também chegar a atingir áreas de floresta.

Os mecanismos que regulam esse processo podem estar relacionados aos métodos tradicionais de uso da terra, como o corte e queima, ou ainda com a ocorrência de fogos naturais durante as estações mais secas. A frequência com que a savana sofre queimas irá aumentar a probabilidade desses fogos entrarem na floresta. Segundo Cochrane *et al.* (1999), a floresta após a primeira queima aumenta mais que 50% a probabilidade de sofrer uma segunda queima, por aumentar a quantidade de material combustível no chão da floresta, entre outros fatores.

Dessa forma a queima recorrente de savanas próximas a florestas pode facilitar a sua expansão em direção a mesma, já que o sistema florestal não tem capacidade de se manter em regimes de fogo, a biomassa vegetal por queima não é recuperada rapidamente. Ao contrário, as savanas por possuírem capacidade de rebrotar após a queima se mantêm mesmo em regimes de fogo recorrentes, aumentando sua biomassa rapidamente após a perturbação. Os principais fatores que controlam essa expansão serão abordados nessa proposta, entre eles a precipitação anual e a taxa de queima da floresta, em função de épocas secas.

Abordagem

A simulação foi realizada com o programa STELLA. Os componentes principais utilizados foram representados por Árvores (sistema florestal) e por Vegetação não-arbórea (gramíneas). As respostas foram modeladas a partir das variáveis, frequência de fogo e precipitação pluviométrica. A taxa de morte por queima foi representada por uma função regulada por precipitação anual de chuvas, onde a média máxima foi fixada em 2000 mm, com 100 % de árvores, e próximo de 0 % de gramíneas. A medida que diminui a precipitação anual, a ocorrência de fogo aumenta e a proporção de espécies não arbóreas aumenta.

Resultados

A mortalidade de árvores por queima e a sua substituição por espécies não-arbóreas ocorreu na faixa média de 1500 mm de precipitação anual, o tempo necessário para ocorrer a estabilização entre ocupação de espécies não arbóreas (crescimento em biomassa) e floresta ficou em torno de 300 anos (figura 1).

A sensibilidade da floresta a precipitação foi testada entre 1500 a 2500 mm, e mostrou-se bem sensível a esse parâmetro, sendo que abaixo de 2000 mm o estoque de biomassa decresceu mais que 50 % do estoque original (figura 2). Já a área não arbórea, mostrou comportamento similar porém crescendo muito mais em precipitações menores a 2000 mm, aumentando mais que 50 % quando chega próximo a 1500 mm, por aumentar a ocorrência de fogos (figura 3).

O modelo obtido representou o processo de substituição de floresta tropical por espécies não-árboreas, em regimes de queimas sazonais recorrentes, no decorrer de um período de 300 anos, necessário para que o esse processo de substituição se estabilize.

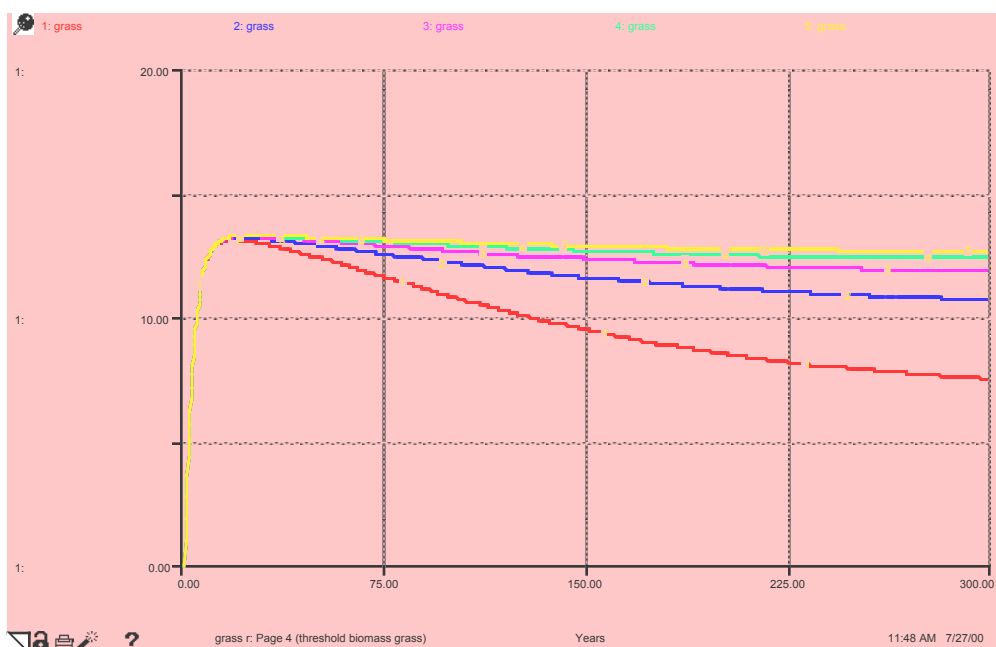
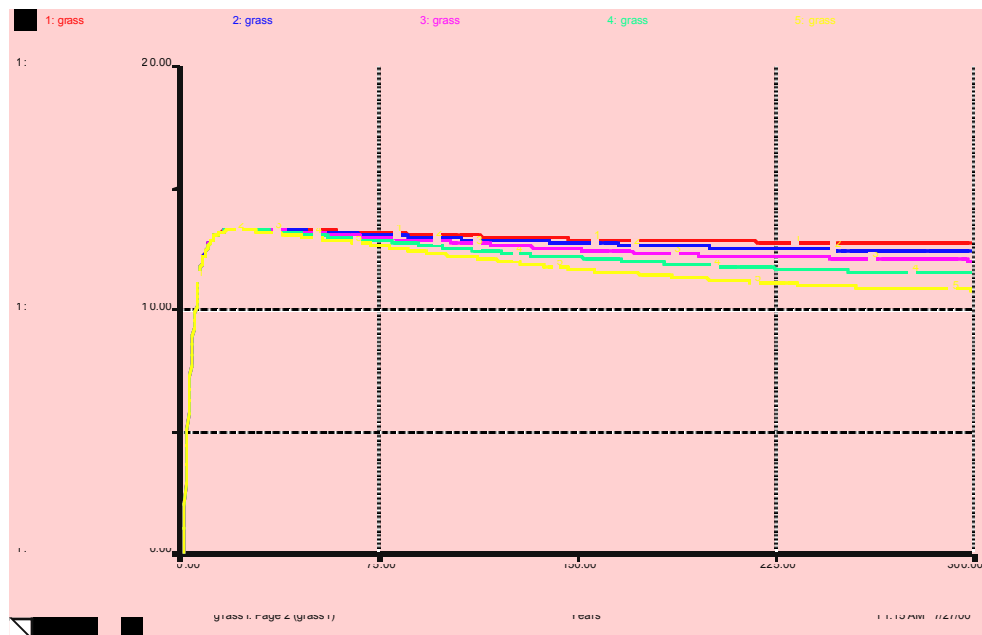
Futuro

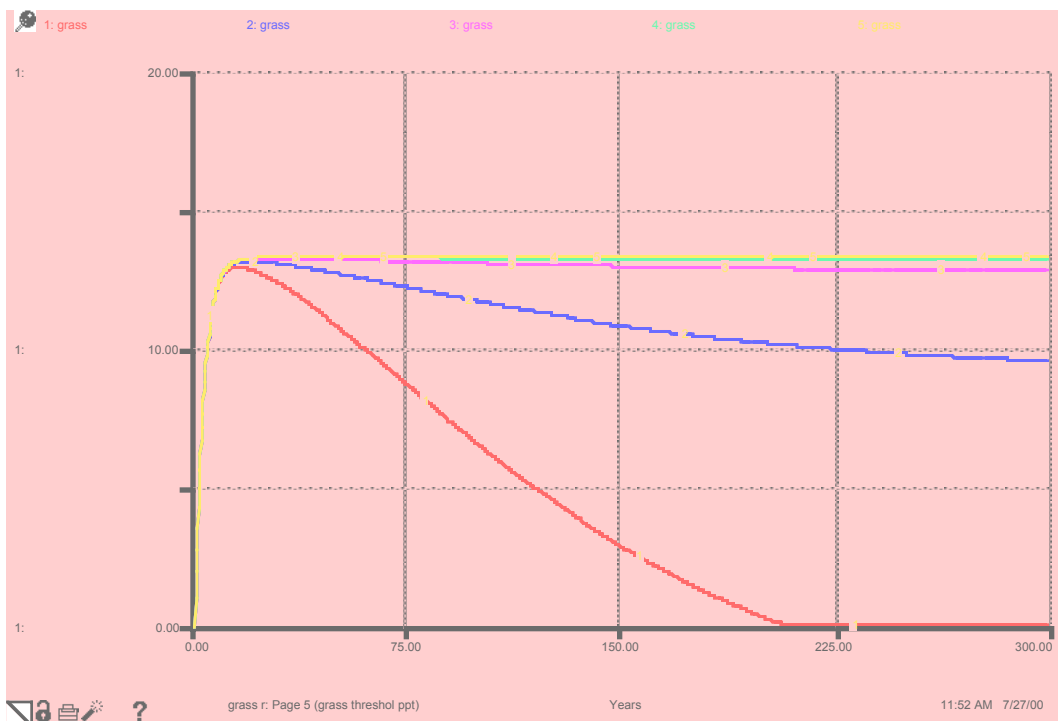
O modelo poderá ser utilizado para o entendimento dos processos associados ao uso da terra (corte e queima, manejo do solo, etc.), bem como ser acoplado a outros modelos que prevêem mudanças na paisagem em função do fogo, bem como suas alterações causadas em algumas variáveis ecológicas.

Hipóteses x validação do modelo

Como se dá a expansão das savanas em direção as áreas de florestas?

- 1) o efeito do fogo promove o estabelecimento de espécies que ocupam as savanas e inibe o crescimento de espécies arbóreas de florestas;
- 2) a capacidade de rebrota após a queima de espécies de savana, promove o seu estabelecimento em áreas recém queimadas;
- 3) o fogo exclue as fontes de regeneração da floresta, banco de sementes, banco de plântulas e rebrota;





Simulação do Fluxo de CO₂ Em área de Pastagem

Maria Aurora da Mota
 Sílvia de N. Monteiro dos Santos
 Rildo Gonçalves de Moura

Introdução

A queima contínua de combustíveis fósseis emite quantidades consideráveis de carbono (CO₂) para atmosfera, parte da qual é dissolvida nos oceanos, através da formação do íon HCO₃⁻; o restante ou é absorvida pela biosfera pelo processo de fotossíntese ou permanece na atmosfera, aumentando a sua concentração, que cresceu de 280ppmv no período pré-industrial para 360ppmv na década de 1990.

A Amazônia é uma vasta região, que contém diversos ecossistemas, com destaque para a floresta tropical úmida, onde se encontra uma das maiores biodiversidades do planeta. Indiscutivelmente, a Amazônia é fundamental para o balanço global do carbono. Entretanto, além da floresta tropical, existem outros ecossistemas na região, como o cerrado, os manguezais e recentemente ecossistemas agrícolas têm crescido em importância, onde a floresta tem sido gradativamente substituída por pastagem.

A campanha do LBA tem se preocupado em estudar a quantidade de fluxo de CO₂ na região Amazônica, principalmente nas áreas de florestas, abrangendo também áreas de pastagem. Conforme mostra o estudo de SCURLOCK e HALL (1998) a pastagem também atua como sumidouro de carbono.

Então, é de grande interesse verificar o quanto de CO₂ está sendo assimilado por esse tipo de vegetação, para um melhor entendimento do balanço de carbono na região.

Objetivo

Verificar a assimilação de carbono em áreas de pastagem na Amazônia, através dos campos de fluxo de CO₂ gerados pelo Simple Biosphere Model (SiB2), comparando estes resultados com os dados observacionais.

Metodologia e Dados

Para alcançar o objetivo proposto foi utilizado uma série de dados horários do período de 06 a 11 de fevereiro de 1999, obtidos durante a campanha da estação chuvosa no Experimento “The Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia” (LBA), no sítio experimental de pastagem na Fazenda Nossa Senhora (10°45’S, 62°22’W), localizada na cidade de Ouro Preto d’Oeste de Rondônia.

Modelo SiB2

Para a estimativa do fluxo de CO₂ para a pastagem foi utilizado o Simple Biosphere Model (SiB2) desenvolvido por SELLERS et al. (1996, 1997) que utiliza esquemas e condições de contorno em grande nível de detalhe nas relações solo-vegetação-atmosfera. ROCHA et al. (1996) calibrou o SiB2 para florestas tropicais.

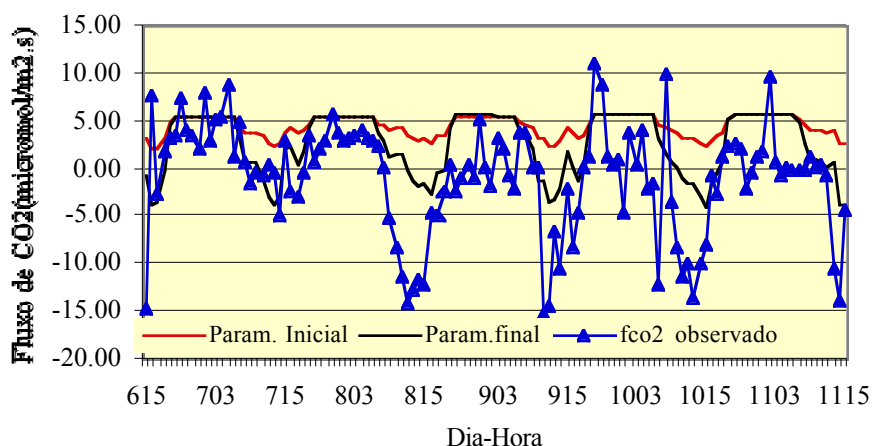
O SiB2, utiliza como parâmetros de entrada as informações sobre os processos biofísicos da interação atmosfera-vegetação-solo, tais como índice de área foliar (LAI); deslocamento do plano zero (d); parâmetro de rugosidade (z₀); altura do topo e base do dossel (z1 e z2) entre outros. As informações atmosféricas de entrada para o modelo (forçantes) no nível acima da vegetação são: radiação de onda curta, pressão de vapor, temperatura do ar, velocidade do vento e precipitação.

No desenvolvimento deste trabalho foram feitas modificações no arquivo de entrada, referente aos processos biofísico solo-vegetação-atmosfera, para representar a pastagem. As informações de ROCHA (1998) e WRIGHT et al (1996), foram utilizadas para realizar tais alterações. Além disso, o modelo foi calibrado variando os parâmetros de V_{max} (máxima capacidade do rubisco no topo do dossel), *m* (parâmetro de inclinação da condutância estomática) e G (fração de folhas verde), conforme metodologia descrita por ROCHA et al, (1996).

Resultados e Discussão

A Figura 01 apresenta o fluxo de carbono estimado pelo SiB2, para a primeira simulação com V_{max}=3.18 x 10⁻⁵ μmol/m².s (vermelha), fluxo de CO₂ para o valor otimizado de V_{max}= 8 x 10⁻⁵ μmol/m².s (preta) e valor observado do fluxo de CO₂ (azul). Percebe-se que na simulação inicial, ou seja, usando valores de V_{max}= 3.18 x 10⁻⁵ μmol/m².s, subestima praticamente todo o período diurno do fluxo de carbono em relação ao observado, mostrando que não há assimilação de carbono pela pastagem. Por isso, foi necessário calibrar o parâmetro V_{max}, conforme sugerido por ROCHA *et al.* (1996).

Figura 01-Variação dos fluxos de carbono simulados pelo SiB2 e fluxo observado.



Após, sucessivas interações, o valor de V_{max} que melhor simulou os dados observados foi de 8 x 10⁻⁵ μmol/m².s (Tabela 1), o qual também subestima o fluxo de CO₂. No entanto, apresenta assimilação de fluxo de carbono o que não ocorreu nas outras simulações. Também mostra um comportamento similar ao fluxo de CO₂ observado, com ênfase principalmente ao dia 07 de fevereiro, lembrando este dia foi bastante chuvoso conforme mostra a Figura 02. Nota-se ainda na Figura 02 que a assimilação líquida do

carbono na pastagem está atuando como sumidouro de CO₂, não concordando com o observado. Então, o modelo não se mostrou sensível as forçantes meteorológicas, para o caso da pastagem no período estudado, na simulação do fluxo de CO₂.

Tabela 01- Valores de V_{max} (μmol/m².s) para simulações inicial e otimizada e respectivo erro padrão de estimativa

| | Inicial | Final | Otimizado(m=6.5 e G=7) |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|
| V _{max} | 3.18 X10 ⁻⁵ | 8.0 X 10 ⁻⁵ | 8.0 X 10 ⁻⁵ |
| Erro (F _{est} /F _{obs}) | 7.53 | 6.22 | 5.77 |

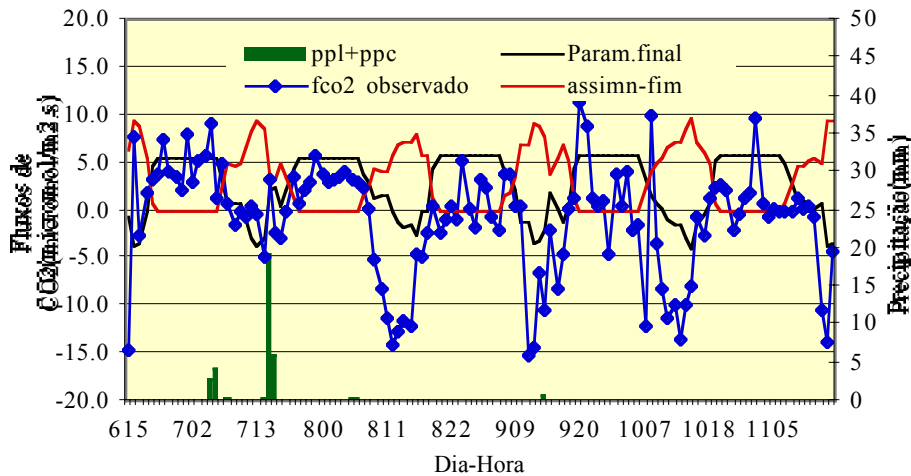


Figura 02- Variação temporal da precipitação, assimilação de CO₂, fluxo de CO₂ calculado pelo SiB2 e fluxo de CO₂ observado.

A Figura 03, apresenta a variação temporal do fluxo de calor latente simulado pelo SiB2 com $V_{\max}=8 \times 10^{-5} \mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$, para a primeira simulação $m=4$ e $G=0.5$ (vermelha), fluxo de CO₂ para o valor otimizado $m=6.5$ e $G=0.7$ (preta) e valor observado do fluxo de calor latente (azul) e a precipitação ocorrida. A Tabela 02 mostra os valores para a simulação inicial e a otimizada com o erro padrão de estimativa. Percebe-se na Figura 03 que o fluxo de calor latente simulado nas duas situações se ajustam ao comportamento do fluxo de calor latente observado, mas no dia 07 quando existe grande quantidade de precipitação, ocorre uma diferença substancial. Onde, o modelo simula o fluxo de calor latente positivo e o observado é negativo. Novamente, o modelo não se mostrou sensível as forçantes meteorológicas, para o caso da pastagem no período estudado.

Tabela 02- Valores de m e G para simulações inicial e otimizada e respectivo erro padrão de estimativa

| | Inicial | Otimizado |
|--|---------|-----------|
| m | 4.0 | 6.5 |
| G | 0.5 | 0.7 |
| Erro ($F_{\text{est}}/F_{\text{obs}}$) | 64.80 | 22.01 |

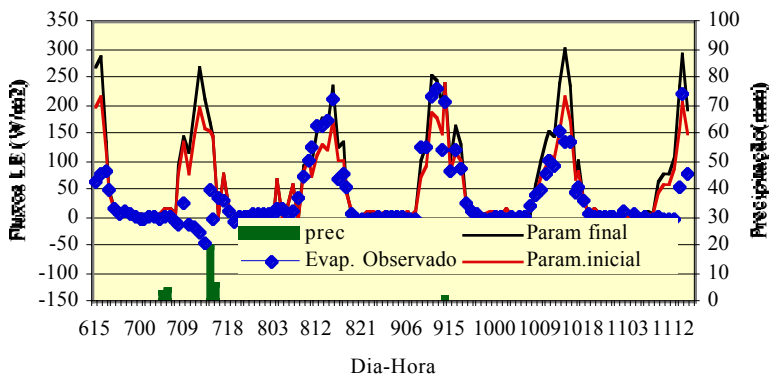


Figura 03- Variação comportamental do fluxo de calor latente simulado pelo SiB2, associado com o medido e com a precipitação.

Sugestões Futuras

- Calibração dos parâmetros biofísicos para um melhor ajuste do modelo SiB2 para área de pastagem na região Amazônica;
- Fazer comparações dos resultados obtidos na assimilação do fluxo de CO₂ pelo SiB2 com outros modelos;
- Mais estudos a respeito da assimilação do carbono em áreas de pastagens, principalmente na região Amazônica.

Referencia Bibliográfica

- Rocha, H.R.; Sellers, P.J.; Collatz, G.J.; Wright, I.R e Grace, J. C and use of the SiB2 model to estimate water vapour and carbon exchange at the ABRACOS forest sites. In: Gash, J. H. C.; Nobre, C. A.; Roberts, J. M.; Victoria, R. L. eds. Amazonian deforestation and climate. Chichester: John Wiley, cap. 30, p. 425-435, 1996.
- Rocha, H.R Modelagem e observações das relações biosfera-atmosfera na região sudeste. Tese de Doutorado, Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo, 142 p., 1998.
- Scurlock, J.M.O e Hall, D.O. The global carbon sink: a grassland perspective. Global Change Biology, 4: 229-233, 1998.
- Wright, I.R.; Nobre, C. A.; Tomasella, J.; Rocha, H.R.; Sellers, P.J.; Roberts J. M.; Vertamatti, E.; Culf, A. D.; Alvalá, R. C. S.; Hodnett, M. G e Ubarana, V. N. Towards a GCM surface parameterization of Amazonia. In: Gash, J. H.

Agradecimentos

Ao LBA pelos dados utilizados, pela grande oportunidade de melhorarmos o nossos conhecimentos na área de modelagem. A coordenação deste evento Dr. Carlos Nobre, Michael Keller e demais organizadores. A todos os Orientadores deste curso e principalmente ao apoio técnico de todos os instrutores.

Uso do Modelo SiB2 para Representação do Albedo e Trocas de Carbono Numa Floresta Primária

Antonio F. P. Oviedo
Demerval Soares Moreira

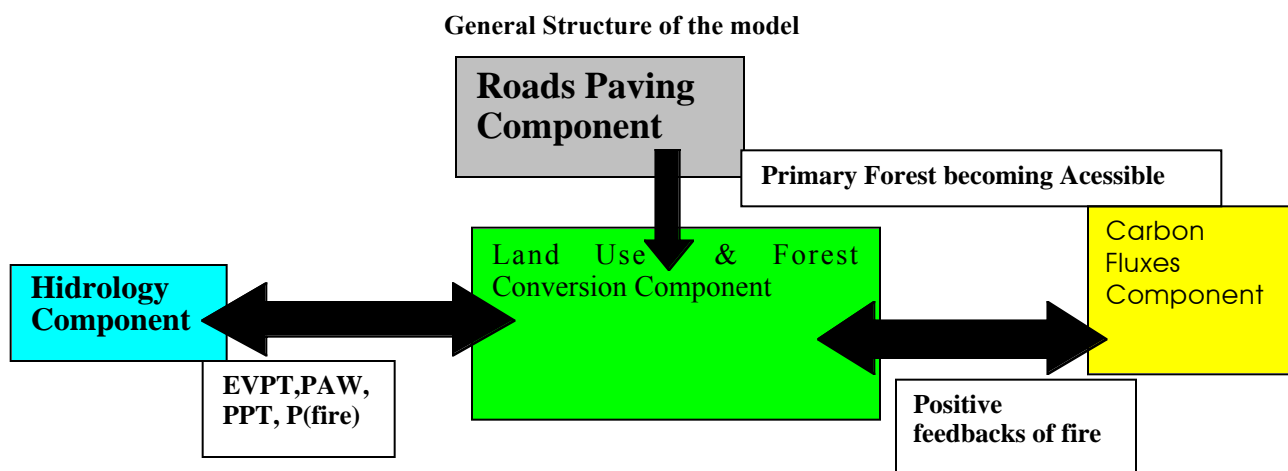
O objetivo deste trabalho é representar os padrões de albedo (Culf et al., 1995) e do fluxo total de carbono-NEE (Malhi et al., 1998) de uma floresta primária, a partir da parametrização das condições de contorno da estrutura da vegetação, bem como avaliar o efeito da profundidade do sistema radicular e da concentração de CO₂ do ar sobre os fluxos de superfície. Será utilizado o modelo SiB2 (Sellers et al., 1996), calibrado para floresta amazônica (Rocha et al., 1996), para produzir estimativas mensais do albedo e dos fluxos de superfície que serão comparados com os padrões apresentados por Culf et al. (1995) e Malhi et al. (1998). Uma vez estabelecidas as condições de contorno que representam os padrões de albedo e NEE supra citados, serão realizadas análises para avaliar o desempenho do modelo para diferentes profundidades do sistema radicular e concentrações de CO₂ no ar. Os resultados esperados apontam para a abordagem de que variações sazonais do albedo e dos fluxos de superfície sugerem um controle biológico que deve ser representado em modelos de interação da biosfera-atmosfera.

Estimating carbon emissions and forest impoverishment as a function of impacts of road paving and fire in the Brazilian Amazon: An Aggregated Policy Model

Urbano L.Silva Jr, IPAM

Contexto

- Land Use & Net Committed Emissions (Fearnside, 1996; Fearnside, 1997)
- Forest Impoverishment (Nepstad et al., 1999)
- New estimates of Annual fluxes of carbon (Houghton et al., 2000)
- Impact of road paving (Nepstad et al., 2000; Alves, 1998)

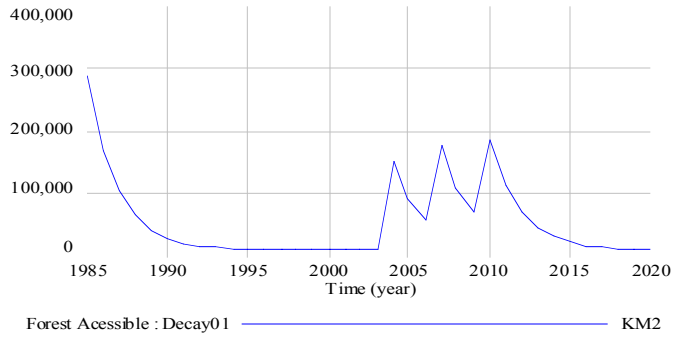


Main Input Data

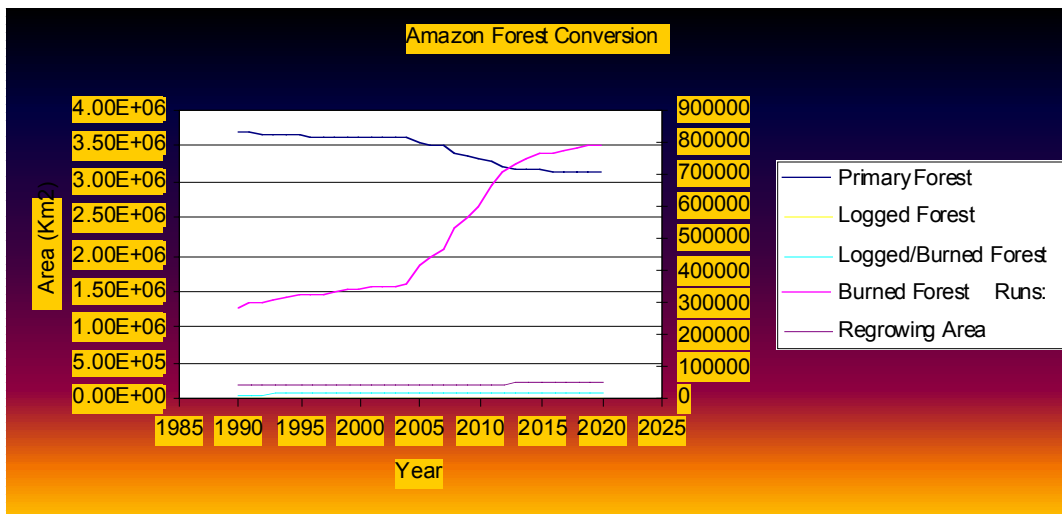
Decay and Biomass: Fearnside (1997), Houghton et al. (2000)
Transition Matrix for Land use: Fearnside (1996)
Logging rate: Nepstad et al. (1999a)
Burning rate: Nepstad et al. (1999b)
Roads Paving Impact: Nepstad et al. (2000)
Regrowing rate: Brienza Jr (1999)

RESULTS – Access to Forest

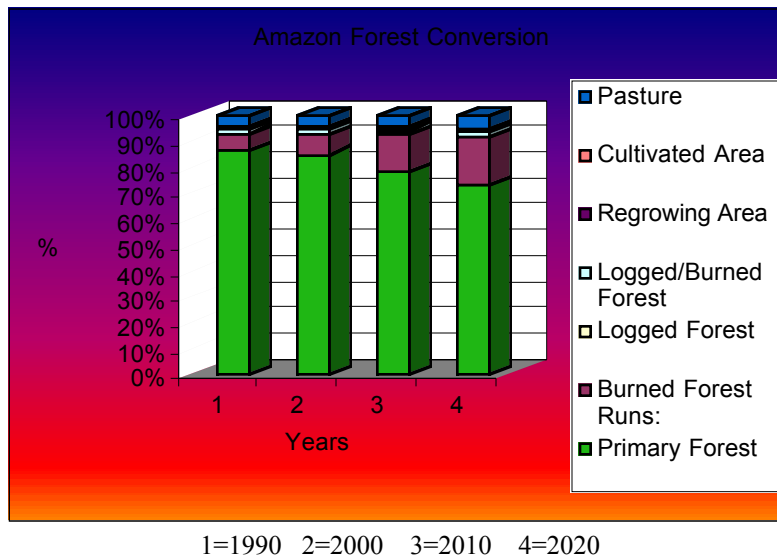
Graph for Forest Accessible



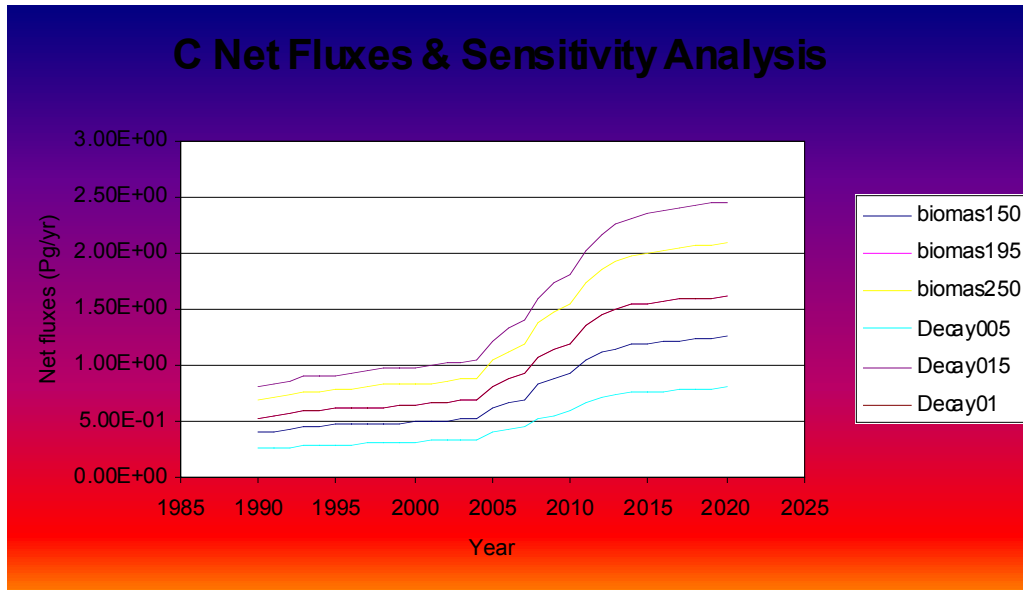
Amazon Forest Conversion



Amazon Forest Conversion



Carbon Fluxes



Reference Value: 0.16-0.23 Pg/yr (1990-1998) (Houghton et al. 2000)

Main Conclusions

The forest impoverishment is limited by the access (roads) in the intact forest areas.

The uncertainty in the biomass and decay estimates can offset the carbon fluxes modeling efforts for precise estimates.

The Houghton et al. C annual fluxes calculations may be underestimated by disregarding the forest fire effect. (If the present model is correct)

Bibliografía

Alves, Diógenes. 1998. (Ph.D. Dissertation)

Brienza Jr, S. 1999. (Ph.D. Dissertation)

Fearnside, P.M. 1996. Amazonian deforestation and global warming: carbon stocks in vegetation replacing Brazil's Amazon Forest. **Forest Ecology and Management**, 80:21-34.

Fearnside, P. 1997. (GHG-Net Committed Emissions, Climatic Change)

Houghton, R et al. 2000. Annual fluxes of carbon... **Science**, Jan.

Nepstad, D. et al. 1999. Large-scale Impoverishment in Amazon Forest from logging and fire. **Nature**, 8 April.

Simulación de la dinámica de un bosque seco tropical bajo manejo

Hirma Ramírez-Angulo

Introducción

El manejo forestal debe basarse en un proceso de planificación en el cual se definan los objetivos, se seleccionen alternativas, se definan e implementan acciones y se evalúen los resultados, para retroalimentar el proceso. El mismo implica efectos futuros de decisiones actuales, por lo que requiere de una buena planificación, tanto a nivel de la unidad de manejo forestal como del entorno.

Para el desarrollo de prácticas de manejo sustentable es necesario conocer los procesos afectados por el mismo y evaluar las consecuencias potenciales a largo plazo. La extracción puede influir sobre el crecimiento de la masa a través de los efectos asociados como la compactación del suelo, cambios en el microclima y diferencias en la reserva de nutrientes. Sin embargo, la longevidad de los ecosistemas boscosos requiere para su estudio de largos periodos de experimentación así como de técnicas experimentales difíciles. Los modelos de simulación pueden ser una herramienta útil, pues estas consecuencias pueden ser analizadas y evaluadas simulando diferentes escenarios de aprovechamiento (Huth *et al.* 1998).

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar si los ciclos de corta legalmente establecidos en Venezuela permiten la recuperación del bosque luego de su intervención, específicamente un bosque de los llanos occidentales venezolanos, el Bosque Universitario “El Caimital”, mediante el uso de un modelo de base individual, el ZELIG (Urban 1993).

Materiales y Métodos

Area de estudio

El Bosque Universitario “El Caimital” está ubicado al noroeste del estado Barinas, Venezuela, a los 8°40′ N y 70°13′ W. Su altitud es de 170 msnm, el relieve presenta pequeñas depresiones (bajíos) y caños (tributarios del río Yuca) que se inundan en la época lluviosa; la pendiente no supera el 3%. Según la clasificación de Köppen (1948) el clima es del tipo tropical (Awui), con una temperatura media anual de 26,7°C y una precipitación media de 1.590 mm, presentándose una marcada distribución estacional donde se distinguen dos periodos, uno de ellos de intensas lluvias (mayo-noviembre) y el otro (diciembre-marzo) muy seco con mínimas precipitaciones.

Según Holdridge (Ewel *et al.* 1968) el área corresponde a la zona de vida Bosque seco Tropical transición a húmedo. La vegetación del área es la típica de un bosque tropical, caracterizada por su gran heterogeneidad. El Caimital aparentemente es un bosque secundario establecido sobre terrenos anteriormente agrícolas, lo cual se evidencia por la abundancia de plantas de café. En los años 1940 y 1951, el bosque fue explotado selectivamente aprovechándose los mejores individuos de las especies de mayor valor comercial (*Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla*) (Finol 1964).

Selección de especies

El modelo fue parametrizado con la información proveniente de seis parcelas de crecimiento establecidas en el Bosque Universitario “El Caimital” y con 36 años de medición. Este es un bosque típico tropical, con un número elevado de especies arbóreas (64) y debido a la dificultad de parametrizar el modelo con esa cantidad, fue necesario escoger las más importantes. Esta selección se hizo con base en un Índice de Valor (IV), que relaciona el área basal relativa con la densidad relativa. Se seleccionaron 14 especies que constituyen el 75% del IV, las restantes fueron discriminadas en seis grupos ecológicos, según sus requerimientos de luz y el crecimiento reflejado en la altura máxima que pueden alcanzar los individuos (Ramírez 1995).

Descripción y parametrización del modelo

ZELIG se deriva del FORET (Shugart y West 1977); es un modelo básico y de fácil implementación, que fue desarrollado con versatilidad en la aplicación, conservando muchas de sus características sobresalientes (Smith y Urban 1988). Difiere de las otras versiones en que se implementa sobre una parcela dividida en cuadrículas o celdas que pueden ser interactivas, es decir, los árboles pueden sombrear o ser sombreados por los vecinos. Se basa en dos sub-modelos conceptuales, el primero hace énfasis en el régimen de radiación solar y el otro en el balance hídrico del suelo (Ramírez 1995).

Los parámetros necesarios para la ejecución del modelo son los relativos a las restricciones en cuanto a radiación solar, sequía, nutrientes y capacidad reproductiva de las especies. De igual manera, requiere las relaciones alométricas altura-diámetro, las tasas de crecimiento y las tolerancias térmicas de cada una de las especies. En este trabajo se partió de la parametrización realizada por Ramírez (1995) y descrita en Ramírez *et al.* (1997).

Escenarios de aprovechamiento

Se realizó el aprovechamiento de las especies maderables comerciales, extrayendo 10 arb/ha, que corresponde a un 20% del área basal. Se consideró que la explotación se realizó de manera planificada y se incluyó el daño que ocasiona la extracción a la vegetación remanente. El mismo se estimó tomando como referencia las evaluaciones de Uhl y Guimaraes (1989), Uhl *et al.* (1991), Verissimo *et al.* (1992) y Huth *et al.* (1998). Con base en referencias históricas del Bosque “El Caimital”, se asumió que el mismo tiene una edad aproximada de 300 años. Se consideraron los diámetros mínimos de cortabilidad establecidos en Venezuela, que son para *Bombacopsis quinata* y *Cedrela odorata* 60 cm y, para el resto de las especies 40 cm de diámetro a la altura de pecho (d).

Ejecución del modelo

Para la ejecución del modelo se requieren tres archivos de entrada, CONTROL, SITIO y ESPECIES, los cuales son descritos en Ramírez (1995). Al final de cada simulación ZELIG genera varios archivos, con una periodicidad especificada en el archivo CONTROL. Con la opción 2 de INDATA en el archivo CONTROL se genera el archivo Z.DUMP que reporta los valores para cada celda de la parcela y para el último año de simulación; que contiene datos del número de árboles, especie, el diámetro y la altura. Este archivo fue utilizado para seleccionar los árboles que superaban los diámetros mínimos de corta. Los mismos fueron eliminados y el modelo se corrió de nuevo a objeto de generar los resultados para intervención. Estos se comparan con los resultados para un escenario sin intervención.

Resultados

En la simulación, para el año de intervención, el área basal alcanzó 28,37 m²/ha (incluye la categoría 0-10 cm d), valor muy aproximado a los 25 m²/ha encontrados por Veillon (1985) para el mismo bosque (a partir de 10 cm). La recuperación de los valores tomó un periodo de 120 años (Figura 1). En cuanto a la biomasa maderable simulada para el momento de la extracción era de 310,02 Mg/ha, valor éste mayor que el límite superior del rango reportado para el mismo bosque por Bello (1996) de 158 ± 62 Mg/ha, para individuos con $d > 10$ cm. Luego de la intervención, en el periodo de simulación no se alcanzó la recuperación (Figura 2).

De los resultados obtenidos se puede afirmar que los daños por la explotación son muy altos, si se considera que aún pasados 100 años no se logra igualar los valores del bosque sin intervención. Al revisar los resultados para los 30 años del ciclo de corta se observa que en la nueva intervención el bosque no suministraría cantidades similares de madera, pero lo más importante aún no ha logrado recuperar los valores relativos a área basal y biomasa maderable. La intervención favorece las especies clasificadas como nómadas, especialmente a *Cedrela odorata*, *Bombacopsis quinata*, *Pterocarpus acapulcensis* y *Tabebuia rosea*, las cuales son especies muy apreciadas desde el punto de vista comercial (Figura 3), pero la cantidad de madera disponible para una segunda explotación, luego de los 30 años, es muy inferior a la obtenida en la primera intervención (Figura 4).

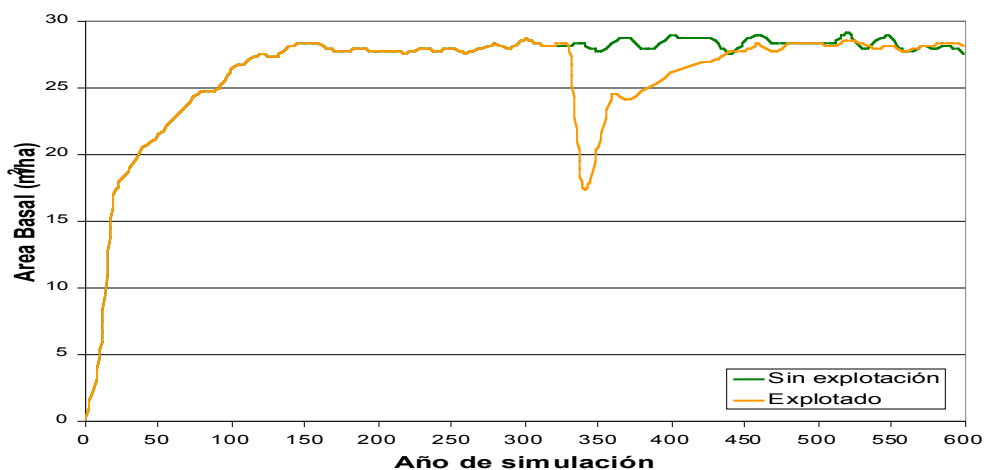


Figura 1. Simulación del área basal para el bosque explotado y no intervenido, para un periodo de 600 años, en el Bosque El Caimital .

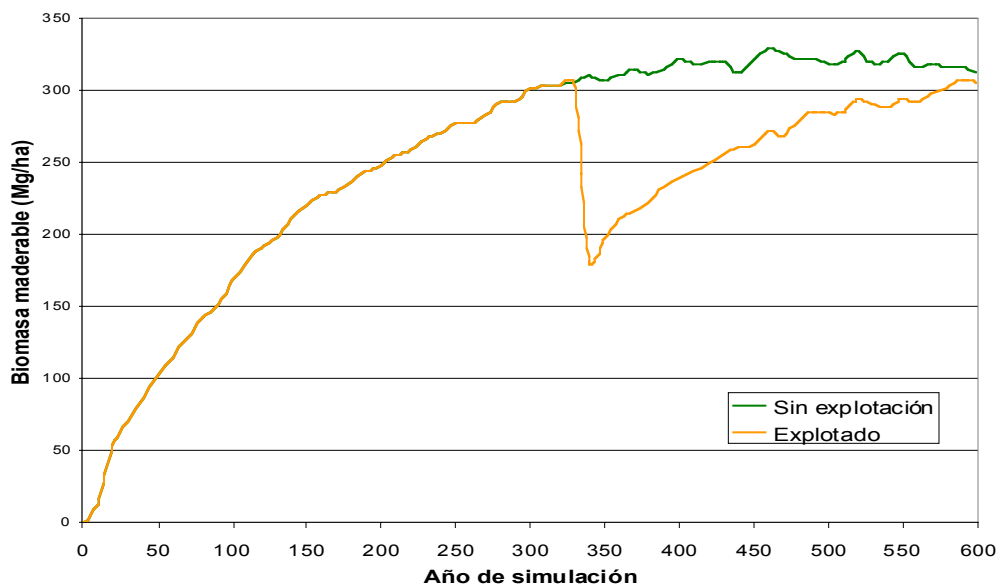


Figura 2. Simulación de la BIOMASA para el bosque explotado y no intervenido, para un periodo de 600 años, en el Bosque El Caimital.

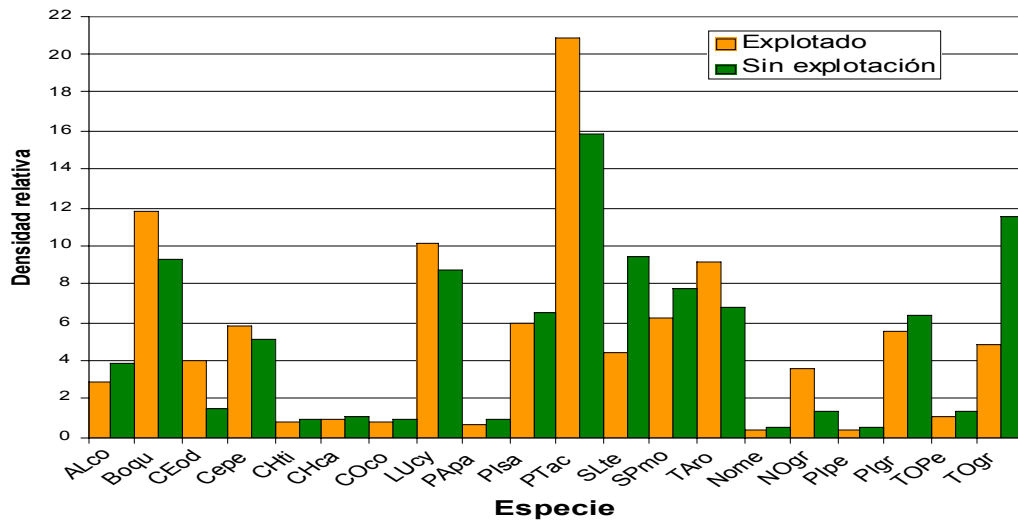


Figura 3. Comparación de la densidad en el bosque explotado y no intervenido, luego de 30 años de la intervención.

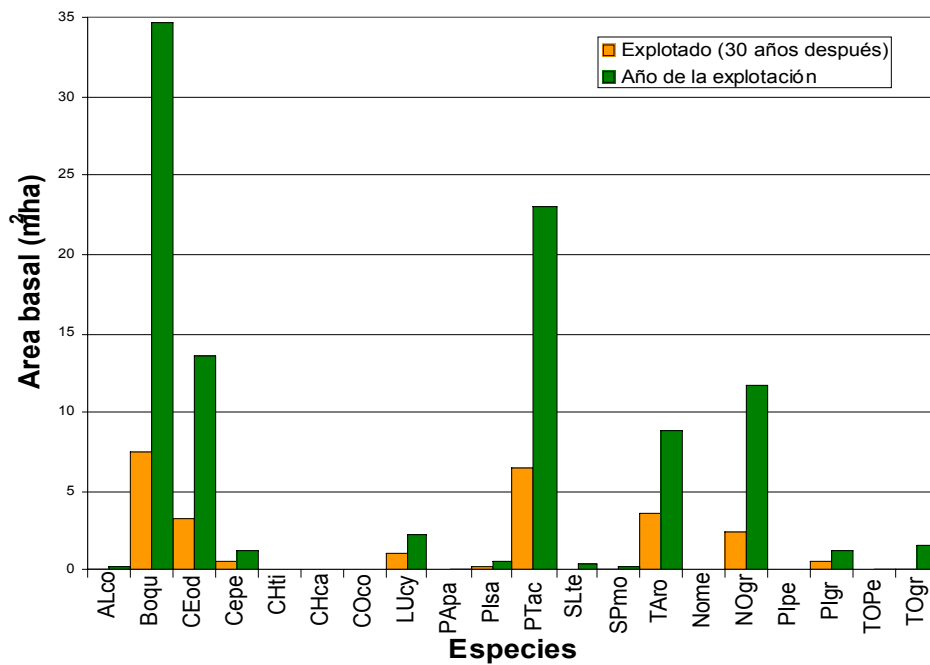


Figura 4. Comparación del area basal para el bosque después de 30 años de la intervención y en el bosque en el año del aprovechamiento.

Conclusiones

Los ciclos de corta establecidos en los planes de manejo forestal en Venezuela son muy breves y podrían comprometer la sustentabilidad del recurso; pues, como se desprende de los resultados, el bosque necesita un tiempo mayor para recuperarse de la intervención.

Los modelos de simulación han mostrado ser una herramienta útil para el análisis de diferentes estrategias de manejo forestal. La simulación realizada no es la solución, pero plantea una posibilidad que puede seguir siendo explorada en la búsqueda de soluciones reales a un aspecto de la problemática del manejo forestal. En la transición al desarrollo forestal sustentable deben hacerse intercambios entre las ganancias económicas a corto plazo y el desarrollo a largo plazo.

Referencias Bibliográficas

BELLO, N., 1996. Relación entre la productividad del bosque y el contenido de nitrógeno y la textura del suelo en varias zonas de vida de Venezuela. Tesis M.Sc. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. ULA. Mérida, Venezuela. 72 p.

- EWEL, J.J., MADRIZ, A. y TOSSI, J. 1968. Zonas de vida de Venezuela. Memoria explicativa. Ministerio de Agricultura y Cría. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Caracas. Venezuela. 264 p.
- FINOL, H., 1964. Estudio silvicultural de algunas especies comerciales en el Bosque Universitario "El Caimital", Edo. Barinas. Revista Forestal Venezolana. 7 (10-11):17-63.
- HUTH, A. DITZER, T. y BOSSEL, H., 1998. Model description and analysis of forest growth and logging scenarios for the Deramakot Forest Reserve (Malaysia). Verlag Erich Goltze GmbH & Co. Göttingen.
- KOEPPEN, W., 1948. Climatología. México: Fondo de Cultura Económica.
- RAMÍREZ, H., 1995. Aplicación de un modelo de simulación de base individual a la dinámica del bosque tropical: un caso de los llanos venezolanos. Tesis M.Sc. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 64 p.
- RAMÍREZ, H., TORRES-LEZAMA y ACEVEDO, M., 1997. Simulación de la dinámica de grupos de especies vegetales en un bosque de los llanos occidentales venezolanos. Ecotrópicos: 10:9-20.
- SHUGART, H.H. y WEST, D.C., 1977. Development of an appalachian deciduous forest succession model and its application to assessment of the impact of the chestnut blight. Journal of Environmental Management 5:161-179.
- SMITH, T.M. y URBAN, D.L., 1988. Scale and resolution of forest structural pattern. Vegetatio 74:143-150.
- UHL, C. y GUIMARAES, I.C., 1989. Ecological impacts of selective logging in the Brazilian Amazon: A case study from the Paragominas Region of the state of Pará. Biotropica 21(2):98-106.
- UHL, C.; VERÍSSIMO, A.; MATTOS, M.; BRANDINO, Z. y GUIMARAES, I.C., 1991. Social, economic and ecological consequences of selective logging in an Amazon frontier: The case of Tailandia. Forest Ecology and Management 46:243-173.
- URBAN, D.L., 1993. A User's Guide to ZELIG version 2. Department of Forest Sciences. Colorado State University. Fort Collins. USA.
- VEILLON J.P., 1985. El crecimiento de algunos bosques naturales de Venezuela en relación con los parámetros del medio ambiente. Revista Forestal Venezolana 29:5-120.
- VERÍSSIMO, A.; BARRETO, P.; MATTOS, M.; TARIFA, R. y UHL, C., 1992. Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an old amazonian frontier: the case of Paragominas. Forest Ecology and Management 55:169-199.

Modelacion del Perfil Vertical de Concentracion de CO₂

**Rodolfo Rodríguez
Luis Gonzaga Giraldo López**

Introduccion

Es muy conocido el papel que juega el CO₂ en la química atmosférica y en el cambio climático global como uno de los gases causantes del efecto de invernadero. Por otro lado un bosque es considerado como un sumidero de CO₂ y cuya preservacion es indispensable para compensar la emision de este gas y contrarrestar su contribución al efecto de invernadero y por lo tanto al calentamiento global.

Modelar el perfil vertical de concentración de CO₂ bajo diferentes condiciones bio-atmosféricas tiene importancia porque permitirá conocer la eficiencia de un bosque como sumidero de CO₂.

Objetivo

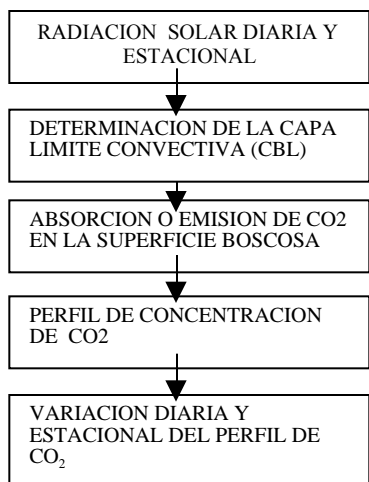
Modelar la variación diaria y estacional del perfil de concentración de CO₂ bajo diferentes condiciones biosféricas (tipo de vegetación, usos del suelo) y atmosféricas (periodos de lluvia, interceptación de agua, radiación solar y albedo) para la capa límite convectiva (CBL) que va desde el suelo hasta 500 – 1000 metros.

Metodologia

El diagrama que se muestra a continuación ilustra los pasos a seguir en la determinación del perfil de concentración de CO₂.

Dado que la absorción de CO₂ depende de la radiación solar incidente, de acuerdo a la siguiente reacción: H₂O + CO₂ + Radiación solar → (CHO)_n + O₂, es necesario determinar la variación de este parámetro durante el día o durante un año. Esta variación de la radiación solar dará como resultado absorción o emisión de CO₂ en la superficie boscosa, cuyo flujo variará la concentración de CO₂ en la superficie, apartir de este valor se podrá modelar el perfil de CO₂ con la altura. En la capa límite convectiva (CBL) la cual tiene mucha turbulencia este gas está muy mezclado y por tanto la distribución es casi uniforme con la altura pero dado que esta altura es variable en el día el volumen lo será también y la concentración será variable. De este comportamiento es posible modelar el perfil de concentración de CO₂ y su variación diaria o estacionar.

Diagrama de la Modelacion:



Modelo

Este modelo se desarrollara usando el software Stella y se considerará dos tipos de bosque:

(1) Bosque joven en pleno desarrollo y crecimiento y (2) Bosque maduro. En un bosque joven el flujo neto de CO₂ es negativo es decir hay absorción neta y en el bosque maduro la absorción y emisión están balanceadas. El modelo determinará primero la variación de radiación solar aplicando el modelo climático simple visto en este curso y luego se determinará el flujo de CO₂, es decir del CO₂ emitido o absorbido por unidad de area y de tiempo, la cual será agregada o disminuida a la cantidad existente de CO₂, cantidad que dividida por el volumen de la columna considerada permitirá determinar la concentración de CO₂.

El diagrama del modelo en Stella será adjuntado conjuntamente con los resultados

Resultados

Los resultados que se obtengan de esta modelación serán validados con mediciones hechas por diferentes trabajos (Grace J. et al, 1995 y Kuck L, et al. 2000). De ser posible estos resultados así como detalles del modelo serán publicados en un artículo o puestos en una pagina “web”.

Trabajo Futuro

Este modelo inicial puede ser mejorado en el futuro considerando los siguientes criterios:

- Extensión en altura mas allá de la capa limite convectiva (CBL)
- Condiciones de lluvias (Anos normales y de Nino)
- Diferentes usos de la tierra (tipos de cobertura)
- Diferentes albedos

Referencias

- Grace J. et al. Carbon dioxide uptake by an undisturbed tropical rain forest in southwest Amazonia, 1992 to 1993. Science. Vol. 270 Nov.3/1995.
- Kuck, L. Et al. Measurements of landscape-scale fluxes of carbon dioxide in the peruvian amazon by vertical profiling through the convective boundary layer (in press).

Teste de sensibilidade do modelo Century para estimativa de carbono no solo em áreas com quantidades diferentes de carvões nos solos

Everaldo de Carvalho Conceição Telles

Introdução

Existem diferentes mecanismos de proteção física e química do carbono do solo. Um histórico de incêndios naturais associáveis a períodos mais secos no passado, pode introduzir carbono imobilizado na forma de carvões nos solos. Estimativas atuais de queima de floresta indicam que de 1 a 5 % do carbono da biomassa vegetal podem ser imobilizados na forma de carvões nos solos. Áreas com intensidades ou frequência diferentes de incêndios podem introduzir carbono refratário na forma de carvões em diferentes quantidades. Nos primeiros cm do solo a introdução deste carbono mais refratário pode ser significativa em relação ao carbono total dos solos. O carbono associado a carvões pode ser considerado estável na escala de tempo geológico (milhares de anos), enquanto comparativamente, o carbono associado

a matéria orgânica do solo pode ser considerado lábil (anos até alguns milhares de anos). Espera-se que o refinamento quanto a natureza do carbono, MOS e carvões, e quantidade das diferentes formas de carbono, possam permitir uma comparação melhor da dinâmica da MOS entre áreas com histórico de incêndios diferentes. O presença de carvões nos solos podem complicar muito a quantificação e estimativa de tempo médio de residência (TMR) do carbono associado a MOS, a quantificação e separação de carvões pode revelar uma quantidade menor de carbono associado a MOS e talvez uma ciclagem mais rápida deste carbono.

O modelo Century utiliza para prever o carbono no solo variáveis climáticas, tipo de cobertura vegetal e propriedades físicas do solo associáveis a textura dos solos. Como o modelo não contempla o carbono associado a carvões, espera-se uma boa estimativa do carbono total no solo para áreas com pouco carvões e um subestimativa na previsão de carbono total de solos com mais carvões.

Objetivos

- 1) Testar a sensibilidade do modelo Century em prever o carbono no solo em áreas com solos semelhantes, porém com diferentes quantidades de carvões;
- 2) Fazer uma estimativa da quantidade de carvões pela diferença entre a quantidade prevista de carbono no solo e a observada em solos com carvões;
- 3) Testar o modelo Century em áreas e solos onde existem dados de carvões nos solos e o TMR do carbono
- 4) Ajustar o modelo Century para a previsão de carbono associado a carvões, tanto pela alteração do tempo médio de ciclagem do carbono nos diferentes reservatórios (ativo, lento e passivo) como pela introdução de um carbono associado a carvões no modelo.

Metodologia

Foram escolhidas duas áreas para se fazer a simulação no Century, Manaus e Santarém na Amazônia centro-oriental. A precipitação total anual é semelhante nas duas áreas, com Santarém com um estação seca mais definida de aproximadamente três meses e Manaus sem estação seca definida. Os solos testados são muito argilosos (aproximadamente 80% de argila), sendo classificados com Latossolos Amarelos muito argilosos.

Nas simulações foram utilizados alterados os arquivos FIRE.100, SITE.100, TREE.100 e TREM.100, os demais arquivos não foram alterados sendo os fornecidos junto com o Century neste curso, provenientes da pasta tropdryfor (na realidade os demais arquivos não entraram na simulação). Na medida do possível os parâmetros foram alterados a partir de arquivos prontos do Century, com utilização de dados publicados. Utilizou-se com referência inicial os dados de uma floresta tropical de Porto Rico. Os parâmetros de solo e climáticos (séries de 30 anos) foram baseados nos dados disponíveis das áreas: precipitação média mensal de Manaus e Santarém; só existiam disponíveis os dados de temperatura máxima e mínima de Manaus, sendo utilizado os mesmos dados para Santarém.

A estimativa de carvões pode ser simulada a partir da previsão do carbono total previsto pelo Century, mais relacionado a matéria orgânica do solo, subtraídos do carbono total medido. O modelo correu por 2000 anos, com simulações de eventos de fogo de baixa a cada 400 anos, com simulação de fogo de baixa intensidade (baixa remoção de carbono do sistema) e intensidade (alta remoção de carbono do sistema).

Foram testadas a sensibilidade do Century na produtividade máxima da floresta em $g/m^2/mês$, em três níveis: 1400, 1200 e 1000 $g/m^2/mês$.

Resultados

Testou-se a influência de distribuição de chuvas entre áreas no estoque de carbono, não existindo diferenças entre áreas em relação a quantidade de carbono previsto pelo Century no equilíbrio.

No geral o modelo superestima o carbono no solo como em Pulliam et al. (1996) para Porto Rico. Alterando-se os valores de produtividade bruta mensal e alterando-se os parâmetros do arquivos que controla a remoção de carbono do sistema pelo fogo obtem-se valores de estoque de carbono próximos ao observado em Manaus.

Com o modelo não apresenta uma resposta diferente na previsão do carbono associado à diferença de distribuição de chuvas entre áreas. As simulações de “intensidade” de fogo, baixa intensidade e alta intensidade de fogo foram geradas apenas para Manaus. Existe uma tendência de reduzir a estimativa do teor de carbono no solo a partir de 1100 $g/m^2/mês$ para a produtividade bruta, com alta intensidade de remoção de carbono pelo fogo, com os períodos de 400 anos entre os incêndios não sendo suficientes para o carbono no solo voltar ao equilíbrio (figura 1 e 2).

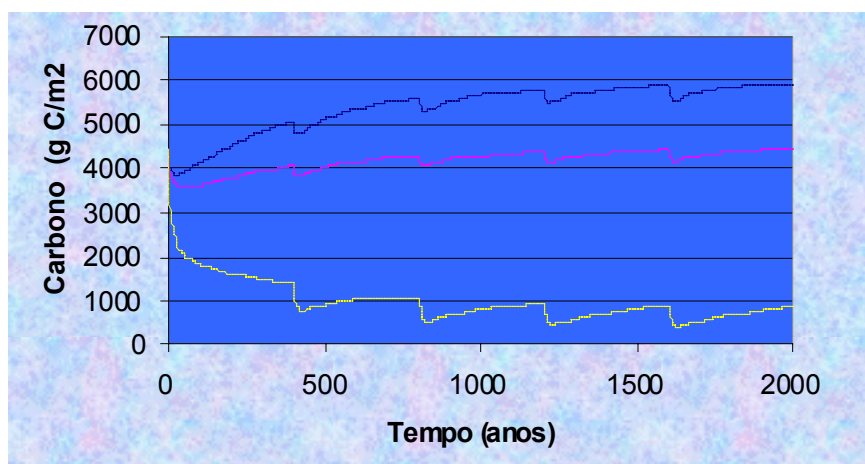


Figura 1: simulação do carbono pelo Century para o solo de Manaus em 3 taxas de produtividade bruta mensal, 1400, 1200 e 1000 g/m²/mês, respectivamente linha azul, rosa e amarela.

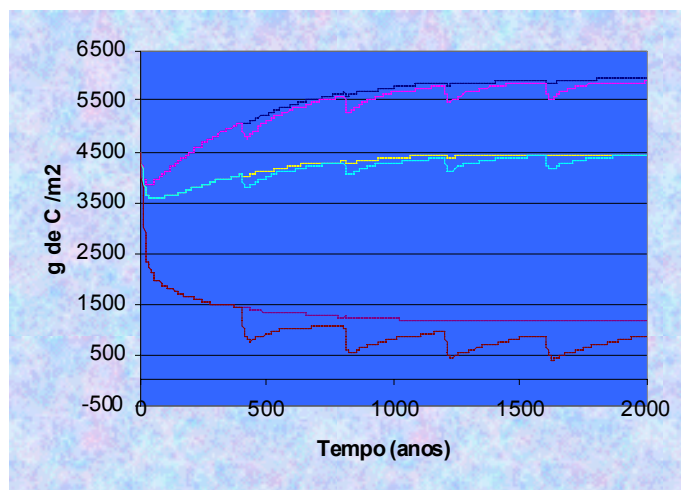


Figura 2: diferentes intensidades de remoção de carbono pelo fogo (oscilante maior intensidade), a diferentes valores de produtividade bruta mensal, 1400, 1200 e 1000 g/m²/mês, para a área de Santarém, respectivamente azul e rosa, amarelo e azul claro e vermelho.

A variação de estoque carbono observado em Manaus $2682.9 \pm 761.145 \text{ g/m}^2$ é baixa em relação a variação de Santarém, da ordem de 50 %, com a variação dos dados observados não permitindo chegar a uma ordem de grandeza da quantidade de carvões no solo utilizando método proposto.

Conclusão e perspectivas

Não se descarta totalmente a possibilidade de utilizar o Century para estimar a quantidade de carvões no solo, sendo necessário simular novamente com parâmetros mais reais (literatura e possíveis dados fornecidos pelo LBA) e comparar com dados de carvões medidos (não disponíveis ainda)

A mesma simulação pode ser realizada para solos arenosos estudados nas áreas de Manaus e Santarém.

Referências bibliográficas

Pulliam, W. M. Forest century parameterization workbook. Fort Collins: Colorado State University, 1996. 29 p.

Efeito da Substituição de Floresta Primária por Cultivo de Banana na Degradação do Solo na Amazônia Central

**Jerónimo García Villanueva
Sávio José Filgueiras Ferreira**

Objetivo

Estimar a matéria orgânica do solo até permitir a produção sustentável de banana.

Materiais e métodos

Para avaliar a capacidade de produção de bananas, será investigada uma área de exploração de bananeiras em uma área de Floresta de terra firme na Amazônia Central. Nessa área foi realizado um assentamento de colonos pelo INCRA. O solo da área apresenta variações no que diz respeito a sua pedologia, com aflorações do Cristalino. Há predominância de latossolo, com 85% de argila, 10% de areia e 5 % de silte.

Para estimar a exaustão da matéria orgânica do solo, que não poderá sustentar uma produção, será empregado o modelo, denominado CENTURY. Os principais dados que serão utilizado para o emprego do modelo são: climáticos, fenológicos e do solo.

Dados Climáticos (obtidos da literatura): Precipitação (totais mensais), Temperatura máximas e mínimas do ar.

Dados fenológicos: produção média por mês, teor de C, N e P nas folhas troncos, raízes e fruto.

Dados do solo: Textura, camada de solo, densidade aparente ou global.

Instructor Contact Information

Baethgen, Walter
IFDC - Uruguay
Juan Ma. Perez 2917 Apt. 501
Montevideo 11300 URUGUAY
e-mail baethgen@undp.org.uy
tel (598 2)712-0838
fax (598 2)711-6958

Cardoso, Manoel Heil
Complex Systems Research Center
459 Morse Hall
UNH, Durham NH 03824 USA
e-mail mcardoso@eos-f.sr.unh.edu
tel 603-862-0819
fax 603-862-0188

Costa, Marcos
Departamento de Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Viçosa, Av. P. H. Rolfs s/n
36571-000 Viçosa – MG; BRAZIL
e-mail mhcosta@mail.ufv.br
tel 55-31-899-1899
fax 55-31-899-2735
<http://www.dea.ufv.br/posgrad/posgradma/Marcos-en.html>
<http://tocontins.dea.ufv.br>

Del Grosso, Steve
Natural Resource Ecology Laboratory
Colorado State University
Fort Collins CO 80523, USA
e-mail delgro@nrel.colostate.edu
tel 970/491-1919
fax 970/491-1965

Hurt, George
Complex Systems Research Center
451 Morse Hall
UNH, Durham NH 03824, USA
e-mail george.hurt@unh.edu
tel 603/862-1792
fax 603/862-0188

Keller, Michael
LBA Office
236C Morse Hall
UNH, Durham NH 03824, USA
e-mail michael.keller@unh.edu or
lba.ecology@unh.edu
tel 603-862-4193
fax 603-862-0188

Nobre, Carlos
CPTEC-INPE
Rodo Via Preseidente Dutra KM 40
Cachoeira Paulista SP 12630-000, SP BRAZIL
e-mail nobre@cptec.inpe.br
tel 55 12 560-8499, 55-12 5-612822
fax 55-125-612835
<http://www.cptec.inpe.br/lba>

Parton, Bill
Natural Resource Ecology Laboratory
Colorado State University
Fort Collins CO 80523, USA
e-mail billp@nrel.colostate.edu
tel 970/491-1987
fax 970/491-1965

Rocha, Humberto
Universidade de Sao Paulo
Rua do Matao 1226, DCA/IAG
Sao Paulo 05508-900, Sao Paulo BRAZIL
e-mail humberto@model.iag.usp.br
tel 55 11 818-4713
fax (011) 818-4714

Sahagian, Dork
GAIM Taskforce Office
165 Morse Hall
UNH, Durham NH 03824, USA
e-mail gaim@unh.edu
tel 603/862-3875
fax 603/862-3874

Tota, Julio
CPTEC/INPE
Rod. Pres. Dutra, Km 40
Cachoeira Paulista SP, 12630-000 BRAZIL
e-mail tota@met.inpe.br
tel 5512 560-8400
fax 5512 561-2835

Participant Contact Information

Arismendiz, Rodolfo Rodriguez
 CIRES Building
 Campus Box 216
 University of Colorado
 Boulder CO 80309 USA
e-mail rodolfo@sipan.colorado.edu
tel 303-492-3845
fax 303/492-1149

Bilbao, Bibiana Alejandra
 Dpto. Estudios Ambientales
 Universidad Simón Bolívar
 Apartado 89000- Caracas, VENEZUELA
e-mail bbilbao@internet.ve or bbilbao@usb.ve
tel 582-9063111 ext 6023
fax 582-906-3064

Brienza, Jr. Silvio
 -O Embrapa – Amazonia Oriental
 Cx Postal 48
 66095-100 Belem – PA BRASIL
e-mail brienza@cpatu.embrapa.br
tel 091-276-6852
fax 091-276-9845

Carvalho, Claudio Jose Reis de
 Av. 16 de novembro 791
 Apt. 402, Bairro Cidade Velha
 CEP 66023-220 Belem - Para – BRASIL
e-mail carvalho@cpatu.embrapa.br
tel 55-91-276-7211
fax 55-91-276-7211

Cerri, Carlos Eduardo P.
 Rua Juca Fernando
 445, Bairro São Dimas
 CEP: 13.416-070, Piracicaba, São Paulo, BRASIL
e-mail cepcerri@mail.cena.usp.br

Ferreira, Savio Jose Filgueiras
 Instituto Nacional De Pesquisas da Amazonia, INPA/CPGC
 Qo Andre Areujo, 2936-Petropolis, Cx. Postal 478
 Manous, Amazonas, CEP 64083-000 BRASIL
e-mail savio@inpa.gov.br
tel 55-92-643-3171

Freitas, Helber
 R. Engenheiro Antonio Luis Ippolito, 184
 CEP 03519-050, Vila Dalila, Sao Paulo, SP BRASIL
e-mail helbercf@model.iag.usp.br

Gomes, Beatriz Machado
 Universidade Federal de Rondonia/Campus Ji-Parana
 C.P. 148
 CEP 78960-000 Ji-Parana - Rondonia BRASIL
e-mail ming@ulbrjp.com.br
tel 55-69-421-3595
fax 55-69-421-3595

Gutierrez, Rene
 1976, Federico Zuazo Street, La Paz, BOLIVIA.
e-mail regutier@o3-bolivia.org
tel 59-1-2-799-155
fax 59-1-2-799-155

Lima, Ivan Bergier Tavares de
 National Institute for Space Research
 Remote Sensing Division, Av. dos Astronautas
 1758, São Jose dos Campos, SP, BRASIL 12227-010
e-mail ivan@ltid.inpe.br
tel 5512 345-6433
fax 5512 345-6449
<http://lagavulin.ltid.inpe.br/users/ivan/ivan.htm>

Lopez, Luis Gonzaga Giraldo
 Universidad Nacional de Colombia
 Sede Medellin. COLOMBIA
e-mail gonzaga@epm.net.co
tel 57-4-260-7333 x184
fax 57-4-230-5489

Mercado, Lina
 Max Planck Institut für Biogeochemie
 Postfach 10 0164, D07701 Jena, GERMANY
e-mail lmecado@bgc-jena.mpg.de
tel 49-3641/643711
fax 49-3641/643710

Monaco, Luciana
 IPAM
 Av. Rui Barbosa 136
 Prainla Santarém - PA BRASIL
e-mail monaco@tap.com.br
tel 522 5538 (91)

Mota, Maria Aurora Santos da
 Rua da Alegria, 39 - Apt. 73
 Ed. Pontal da Fortaleza, Jardim Satellite
 12230-086, S. Jose dos Campos SP, BRASIL
e-mail auroram@met.inpe.br
tel 55-12-345-6908

Moura, Rildo Gonçalves
 Aluno de Mestrado – CPTEC- INPE
 Rod. Presidente Dutra, Km 40
 Cachoeira Paulista SP, BRASIL
e-mail rildo@cptec.inpe.br
tel 55-12-560-8417
fax 55-12-561-2835

Ormachea, Jose Luis
 Av. Esteban Arce #2200
 Villa San Antonio, La Paz- BOLIVIA
e-mail uebcr@hotmail.com or luisor@o3-bolivia.org
tel 231283 59-1-2-799-155
fax 59-1-2-799-155

Ortiz, Carlos David Hoyos
Calle 50 A # 82 -125 Apto 427
Medellin, Antioquia, COLOMBIA
e-mail cdhoyos@epm.net.co or
cdhoyos@hidraulica.unalmed.edu.co
tel 57-4-422-0638
fax 57-4-234-1002

Oviedo, Antonio F.P.
Rua Dr. Nicolau de Souza Queiroz
537 Ap. 35, Vila Mariana
Sao Paulo – SP 04105-001 BRAZIL
e-mail antonio@model.iag.usp.br
tel 55-11-91149589
fax 55-11-573-8206

Ramirez-Angulo, Hirma
Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Forestal
Facultad de Ciencias Forestales y
Ambientales Universidad de Los Andes, Mérida-
VENEZUELA
e-mail rhirma@ing.ula.ve
tel 58 74 401599
fax 58 74 401503

Santos, Silvia de Nazare Monteiro dos
Universidade Federal de Viçosa
Av. PH. Rolfs, s/n 36571-000
Viçosa – MG BRASIL
e-mail ssantos@alunos.ufv.br
tel 55-31-899-1902
fax 55-31-899-2735

Silva, Urbano Lopes da, Jr.
Av. Rui Barbosa
136 – IPAM , Santarém – PA BRAZIL
e-mail urbano@tap.com.br or helsilur@hotmail.com
tel 55-91-522-5538
fax 55-91-522-5538

Telles, Everaldo de Carvalho
Aluno de Doutorado CENA – USP
Av. Centenario, 30313416-000
Piracicaba, SP BRASIL
e-mail ectelles@cena.usp.br
tel 55-194-294600 ext. 4770
fax 55-194-294610

Venturieri, Adriano
Embrapa Amazonia Orinetal
UNESP, Pesquisaour
Douzoranino BRAZIL
e-mail adrianov@rc.unesp.br or
adventurieri@yahoo.com
tel 55-19-971-90499 55-91-246 63 33 – R179

Villanueva, Jeronimo Garcia
Departamento de Fisica y Meteorologia
Universidad Nacional , Agraria La Molina
Apartado 456
La Molina Lima, PERU
e-mail jgarcia@lamolina.edu.pe
tel 51-1-3495667
fax 51-1-3495667