

AVALIAÇÃO DE SIMULAÇÕES DA EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA PELO MODELO IBIS EM DIFERENTES BIOMAS BRASILEIROS.

RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/CNPq/INPE)

Leonardo Rodrigues da Silva (FATEC, Bolsista PIBIC/CNPq)
E-mail: leonardo_faust@hotmail.com

Dr. Celso von Randow (CCST/INPE, Orientador)
E-mail: celso.vonrandow@inpe.br

COLABORADORES
Emily Ane Dionizio da Silva (Bolsista CCST/INPE)

Julho de 2012



RESUMO

A eficiência do uso da água (water-use efficiency, WUE) traduz-se na razão entre a assimilação de carbono e a perda de água por transpiração de espécies vegetais (sendo um parâmetro que pode ser utilizado também para ecossistemas terrestres). Este conceito serve como uma importante medida de avaliação do uso da água pelas plantas e da resiliência dos tipos funcionais de plantas às variações na disponibilidade de água. Neste trabalho o modelo de superfície IBIS foi rodado para o período de 2012 até 2022, onde se observou perda de eficiência no uso da água na região amazônica quando testados altos níveis de umidade no solo, aumentando a taxa de escoamento e drenagem do solo e diminuindo a evapotranspiração. No Cerrado houve grande perda da água excedente no solo e a biomassa demonstrou uma leve queda. Com esta análise pode-se averiguar eventos que distinguem o melhor uso da água em diversos biomas, como cálculos da absorção do carbono e a perda da água pela transpiração, a emissão de carbono bruto, líquido e a evapotranspiração. Todos os resultados provenientes desta e outras pesquisas poderão ser visualizados na página do grupo Superfície Biosfera-Atmosfera (SBA), que também foi desenvolvido dentro do escopo deste projeto. Foi desenvolvida toda a interface do website na qual serão disponibilizados os dados produzidos pelo grupo SBA e iniciou-se a migração do script para preencher conjuntos de dados micrometeorológicos (script baseado métodos de gap-filling, Reichstein *et al.*, 2005) elaborado em linguagem de programação Fortran 77, para a linguagem Java, com o objetivo de inseri-lo na página do grupo SBA. Este script será útil dentro do escopo da modelagem, pois diversos modelos de superfície, assim como o IBIS necessitam de forçantes climatológicas para iniciar as simulações entre a superfície e a atmosfera.



LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Trecho do código HTML utilizado na página principal do grupo SBA..... | 8 |
| Figura 2: Trecho do código em JavaScript para o acesso dinâmico entre as páginas do website..... | 8 |
| Figura 3: Estrutura básica do modelo IBIS com as características dos processos do modelo de ecossistema terrestre | 10 |
| Figura 4: Primeira versão da página do grupo SBA..... | 11 |
| Figura 5: Gráficos das simulações sobre a Amazônia com índices de 90%, 50% e 20% de umidade no solo..... | 14 |
| Figura 6: Gráficos das simulações sobre o Cerrado com índices de 90%, 50% e 20% de umidade no solo..... | 15 |



SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 6 |
| 2. METODOLOGIA..... | 7 |
| 3. RESULTADOS..... | 11 |
| 4. CONCLUSÕES E ATIVIDADES FUTURAS..... | 17 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 18 |



LISTA DE ABREVIATURAS

AET- Evapotranspiração (mm/dia)

CCST- Centro de Ciência do Sistema Terrestre

CSS - Cascade Style Sheet

EUA- Eficiência do uso da água

GPP - Produção de Carbono Bruto (kg C m²)

HTML - Hyper Text Markup Language

IBIS2D - Simulador Integrado da Biosfera (versão bidimensional)

NEE - Troca Líquida do Ecossistema (kg C m²)

NPP - Produção Líquida de Carbono

SBA - Grupo Superfície Biosfera e Atmosfera

1. INTRODUÇÃO

A eficiência do uso da água - EUA tem sido um importante foco de pesquisa, pois permite avaliar o comportamento da vegetação frente a mudanças no clima utilizando diferentes métodos micrometeorológicos. A EUA pode ser medida através da capacidade que a vegetação possui de assimilar carbono durante o processo de fotossíntese, enquanto regula a menor perda de água possível através dos estômatos. Desta forma, utilizando a técnica de balanço hídrico e medição dos fluxos de CO₂ é possível analisar várias interações entre a superfície e atmosfera em diferentes biomas como Amazônia, Caatinga, Cerrado, etc.

A Amazônia contempla a maior floresta tropical permanente do mundo (Fujisaka *et al.*, 1998), desempenhando um importante papel na regulação do clima regional e global. Com uma extensa área de floresta tropical úmida, ela influi no clima principalmente através da emissão ou retenção de gases e da evapotranspiração (Aguiar, 2005 p.1).

A coleta de dados das condições ambientais e das trocas turbulentas em torres micrometeorológicas de longo prazo fornece informações extremamente importantes para se estudar a interação entre a biosfera e o sistema climático. Porém, devido a inúmeros fatores como manutenção, calibração, falhas na alimentação e critérios de controle de qualidade, é comum a perda de dados. Para a utilização dos dados de torres de fluxo como forçantes em modelos computacionais da superfície terrestre, é importante que se faça um trabalho de preenchimento de falhas ('gap-filling'). Sendo assim, primeira atividade desenvolvida neste trabalho de iniciação científica foi a continuidade no desenvolvimento de um programa computacional (script) em linguagem de programação FORTRAN desenvolvido para o preenchimento de falhas de fluxo de carbono em um conjunto de dados tipicamente coletado em torres de fluxo, usando o método de M. Reichstein *et al.* (1995), iniciado pelo bolsista anterior. Desenvolveu-se também um website no qual este script ficará disponível para os usuários de forma totalmente gratuita para preencherem seus conjuntos de dados. O web-site tem como objetivo também a divulgação dos resultados, pesquisas e projetos existentes dentro Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST) pelo

grupo de Interação Superfície, Biosfera-atmosfera (SBA), bem como divulgar os resultados sobre a eficiência do uso da água encontrados neste projeto.

2. METODOLOGIA

- **Desenvolvimento do web-site**

Para a criação da página em HTML (Hyper-Text Markup Language), utilizou-se CSS (Cascade Style-Sheet) e JavaScript. O editor Not¹ePad++ (NotePad plus plus) também foi utilizado devido a sua facilidade para editar e criar os códigos.

O código HTML foi utilizado para editar e formatar os textos contidos na página, acrescentando links de acesso para outras páginas, criando acesso direto pela página de forma que seja possível fazer downloads de arquivos ao conteúdo pertinente às pesquisas (como arquivos de publicações, parâmetros do modelo IBIS, manuais e etc.) direto do servidor. Na figura 1 é possível observar do código HTML utilizado na página principal do grupo SBA.

O código CSS que também foi utilizado tem importância no que se diz respeito a padronização da página, transformando e alterando de forma uniforme o tamanho, o tipo e a espessura da fonte de cada elemento que compõe a web page.

¹ NotePad++ pode ser obtido no seguinte endereço: <http://notepad-plus-plus.org>

```
1 <!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN" "http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">
2 <html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
3 <head>
4 <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=iso-8859-1" />
5 <meta http-equiv="content-language" content="pt-br"/>
6 <link rel="shortcut icon" href="http://www.biosferatmosfera.host.org/public_html/InnerHTML/images/animated_favicon1.gif" />
7 <base target="_self">
8 <title>Home SBA</title>
9
10 <script language="JavaScript" type="text/javascript" src="JavaScript/AccordionMenu.js"></script>
11 <script language="JavaScript" type="text/javascript" src="JavaScript/DinamicoMenu.js"></script>
12 </head>
13 <style type="text/css" media="screen">
14 @import StyleSheet/style_bio.css;
15 </style>
16
17 <body>
18 <table width="590" align="center">
19 <tr><td colspan="2">
20 
21 <a name="home" onclick="IBA()" href="home_sba.html" title="Home"></a>
22
23 <tr><td colspan="2" style="border:1px solid lightblue;>
24 <div id="membox" align="center" style="margin-top:10px;color:lightblue;><div>
25 <a onmouseover="Objetivo()" class="animalink1" target="_self" href="">Objetivo</a> |
26 <a onmouseover="Visao()" class="animalink1" href="">Visao</a> |
27 <a onmouseover="Resultados()" class="animalink1" href="">Resultados</a> |
28 <a onmouseover="Pessoal()" class="animalink1" href="">Pessoal</a> |
29 <a onmouseover="Parcerias()" class="animalink1" href="">Pesquisas</a>
30 </div></td>
31 </tr>
32 <tr><td colspan="2">
33 
34 <img id="menu" />
35 </tr></td>
36 </tr>
37 <tr><td valign="top" width="100px">
38 <div id="coll">
39 <div id="AccordionContainer" class="AccordionContainer">
40
41 <div onclick="runAccordion(1);">
42 <div class="AccordionTitle" cselectstart="return false;">
43 
44 </div>
45 </div>
46 </div>
47 </td>
48 </tr>
49 </table>
50 </body>
51 </html>
```

Figura 1: Trecho do código HTML utilizado na página principal do grupo SBA

```
1 function Objetivo()
2 {
3     document.getElementById("frame").src = "InnerHTML/objetivo_sba.html";
4     document.getElementById("frame").height = '400px';
5 }
6 function Visao()
7 {
8     document.getElementById("frame").src = "InnerHTML/visao_sba.html";
9     document.getElementById("frame").height = '400px';
10 }
11 function IBA()
12 {
13     document.getElementById('toplayout').src = "InnerHTML/images/topo_cat_teste03.jpg";
14     document.getElementById('menu').src = "";
15     document.getElementById('menuline').src = "InnerHTML/images/menu_line.jpg";
16     document.getElementById('menuline').width = '800px';
17     document.getElementById('menuline').height = '2px';
18     document.getElementById("frame").src = "InnerHTML/sba_text.html";
19     document.getElementById("frame").height = '400px';
20 }
21 function Pessoal()
22 {
23     document.getElementById("frame").src = "InnerHTML/sba_pessoal.html";
24     document.getElementById("frame").height = '400px';
25 }
26 function Parcerias()
27 {
28     document.getElementById("frame").src = "InnerHTML/parcerias_sba.html";
29     document.getElementById("frame").height = '400px';
30 }
31 function Resultados()
32 {
33     document.getElementById("frame").src = "InnerHTML/resultado_sba.html";
34     document.getElementById("frame").height = '400px';
35 }
36 function Pesquisas()
37 {
38     document.getElementById("frame").src = "InnerHTML/pesquisas_sba.html";
39     document.getElementById("frame").height = '400px';
40 }
41 function Fapesp()
42 {
43     document.getElementById("frame").src = "InnerHTML/fapesp_sba.html";
44     document.getElementById("frame").height = '400px';
45 }
46 function Fapesp()
47 {
48     document.getElementById("frame").src = "InnerHTML/fapesp_sba.html";
49     document.getElementById("frame").height = '400px';
50 }
51 }
```

Figura 2: Trecho do código em JavaScript para o acesso dinâmico entre as páginas do website

Durante a parte final do desenvolvimento do código da *web page*, utilizou-se o Javascript (linguagem de programação de alto nível criada especialmente para páginas da internet), para dar mais dinamismo a página, e editar seu interior sem ter que editar os códigos HTML e CSS. Com o Javascript fora possível criar acesso dinâmico ao conteúdo da página, onde o usuário pode observar o conteúdo de forma mais rápida.

No design gráfico fora utilizado o software² *GIMP* (GNU Image Manipulation Program) na sua versão 2.6, para criar e editar imagens e modelos gráficos para o esboço da página. Assim pode-se tornar a página mais interessante utilizando elementos gráficos que cativam o usuário, para transformar um visual simples e cru, em um visual moderno e mais sofisticado. Com isto, a página fora testada em um servidor gratuito, para averiguar eventuais defeitos de formatação, devido à exposição dos códigos da página a múltiplos navegadores (Google Chrome, Epiphany, Mozilla Firefox, Internet Explorer e etc...).

Os testes se deram com o envio dos códigos e imagens editadas ao servidor, realizando o processo de publicação da página na internet. Para a realização da publicação, fora criado um domínio (nome dado ao servidor que conterá a página) gratuito no site <http://co.cc/>, que serve para esconder as numerações IPs (Internet Protocol) e nomear a página para o posterior acesso. Para fazer a hospedagem da página (enviar ao servidor), fora criada uma conta em um servidor gratuito especializado em hospedagem de páginas no endereço <http://www.freehosting.com/>, assim configurando o servidor DNS (Domain Name System) para receber o domínio criado.

- **Simulações com o modelo IBIS**

O modelo de biosfera terrestre IBIS foi utilizado para simulações da produtividade primária líquida (NPP), produtividade primária bruta (GPP), evapotranspiração (AET), troca líquida do ecossistema (NEE) e Biomassa. O IBIS simula os processos da superfície terrestre (trocas de energia, água e momentum entre o solo, a vegetação e a atmosfera),

² GIMP v2.6 pode ser obtido no seguinte endereço: <http://www.gimp.org>

fisiologia do dossel (fotossíntese e condutância do dossel), fenologia da vegetação (produção de folhas e senescência), vegetação dinâmica (distribuição, reciclagem e competição entre os tipos de vegetação) e balanço de carbono terrestre (produção primária líquida, reciclagem do tecido vegetal, carbono no solo e decomposição da matéria orgânica) (KUCHARIK et al, 2000).

O modelo segue uma hierarquia conceitual e inclui submodelos (ou módulos) organizados de acordo com a escala temporal: processos de superfície (transferência de energia, água, carbono e momentum), biogeoquímica do solo (ciclo do nitrogênio e do carbono), dinâmica da vegetação (competição das plantas por luz, água e nutrientes), fenologia (baseada no desenvolvimento medido por graus-dia) (COSTA, 2009). Uma representação da estrutura do modelo e de seus diversos módulos é apresentada na Figura 5.

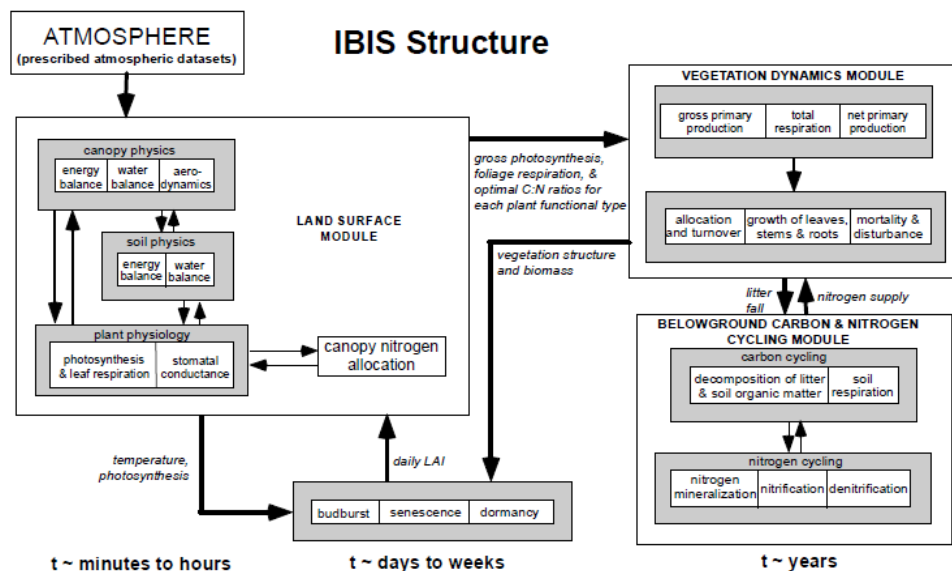


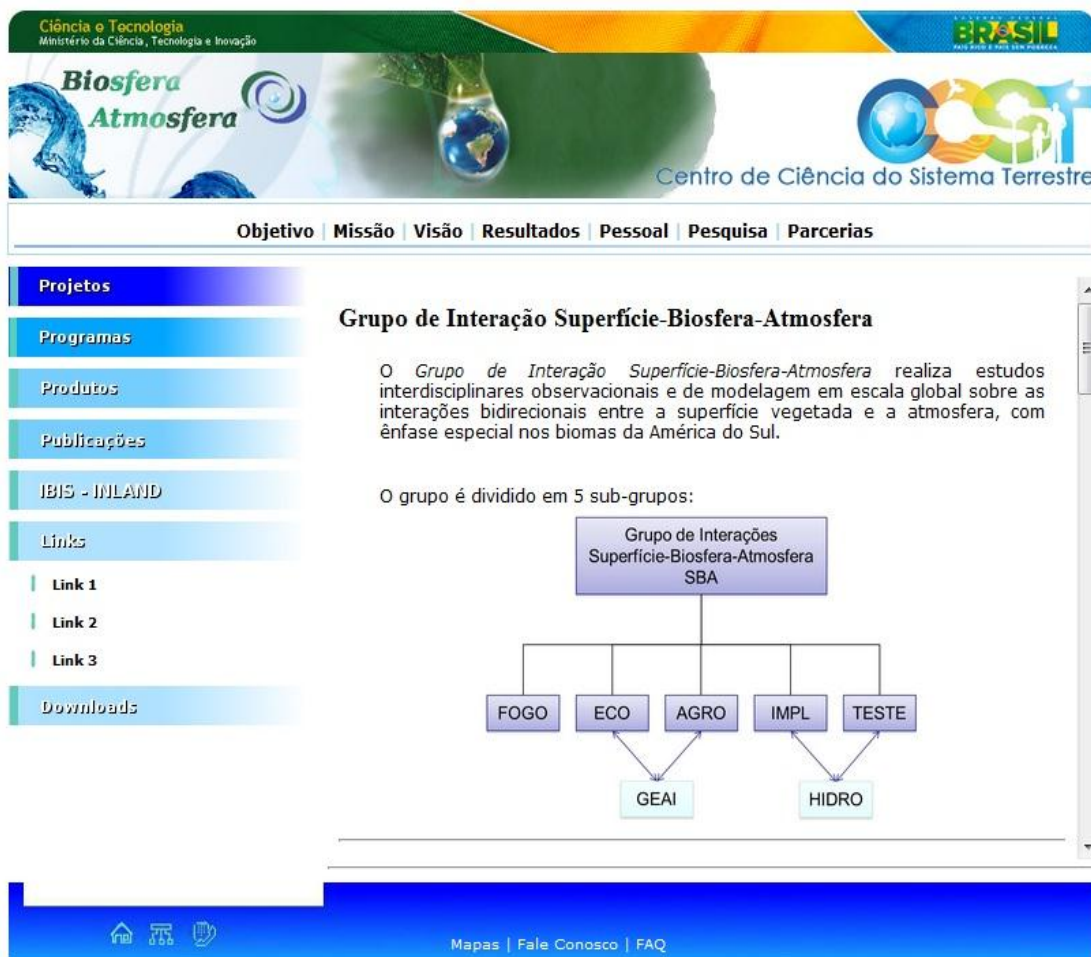
Figura 3: Estrutura básica do modelo IBIS com as características dos processos do modelo de ecossistema terrestre

As simulações realizadas utilizaram a versão bidimensional do modelo IBIS para o período de 2012 a 2022 (10 anos) considerando duas regiões diferentes nos biomas Amazônia e Cerrado. Foram testados vários níveis de umidade no solo, para a averiguação do uso da água em cada sítio e comparar os resultados obtidos avaliando eventuais discrepâncias entre os dados simulados e as possíveis respostas descritas na literatura.

3. RESULTADOS

- **Desenvolvimento do web-site**

Foram desenvolvidos dois layouts para o web-site do grupo SBA, a partir de um layout pré-existente. Foram adicionados novos elementos como: menu lateral dinâmico, menu superior interativo, etc. Os conteúdos disponibilizados no web-site foram obtidos através do grupo SBA que disponibilizou todo material a ser divulgado. O layout da página principal encontra-se na Figura 4.



The screenshot shows the first version of the SBA website. At the top, there is a header with logos for 'Ciência e Tecnologia', 'Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação', 'INPE', and 'CNPq 20 ANOS'. Below the header is a banner for 'Biosfera Atmosfera' and 'Centro de Ciência do Sistema Terrestre'. A navigation menu includes 'Objetivo', 'Missão', 'Visão', 'Resultados', 'Pessoal', 'Pesquisa', and 'Parcerias'. On the left, there is a vertical menu with 'Projetos', 'Programas', 'Produtos', 'Publicações', 'IBIS - INLAND', 'Links', and 'Downloads'. The main content area features the title 'Grupo de Interação Superfície-Biosfera-Atmosfera' and a paragraph describing the group's interdisciplinary research. Below this, it states 'O grupo é dividido em 5 sub-grupos:' followed by a hierarchical diagram. The diagram shows 'Grupo de Interações Superfície-Biosfera-Atmosfera SBA' at the top, branching into five sub-groups: 'FOGO', 'ECO', 'AGRO', 'IMPL', and 'TESTE'. 'ECO' and 'AGRO' are grouped under 'GEAI', and 'IMPL' and 'TESTE' are grouped under 'HIDRO'. At the bottom, there is a footer with icons for home, search, and help, and the text 'Mapas | Fale Conosco | FAQ'.

Figura 4: Primeira versão da página do grupo SBA

Os principais tópicos explorados inicialmente na página são informações sobre a estrutura do grupo, projetos, linhas de pesquisa, colaboradores, dentre outros conforme ilustra a Tabela 1. Dar-se-á continuidade no desenvolvimento do web site, preparando sua estrutura para implementação do script de preenchimento de dados micrometeorológicos online.

Tabela 1. Principais temas abordados na primeira versão da web-page.

| |
|--|
| <p>1. Sobre o grupo SBA:</p> <p>O <i>Grupo de Interação Superfície-Biosfera-Atmosfera</i> realiza estudos interdisciplinares observacionais e de modelagem em escala global sobre as interações bidirecionais entre a superfície vegetada e a atmosfera, com ênfase especial nos biomas da América do Sul. Atualmente o grupo participa ativamente de 22 projetos de pesquisa e interage com 16 grupos de pesquisa no Brasil e exterior.</p> <p>O grupo também está liderando, juntamente com a Universidade Federal de Viçosa, o esforço de desenvolvimento da Componente de Superfície do Modelo Brasileiro do Sistema Climático Global.</p> <p>O grupo é dividido em 5 subgrupos:</p> <p>Subgrupo: <i>Dinâmica do Fogo / SBA-Fogo</i></p> <p>Subgrupo: <i>Ecologia-Processos Ecofisiológicos / SBA-ECO</i></p> <p>Subgrupo: <i>SBA-AGRO</i></p> <p>Sub-grupo: <i>SBA-Implementação</i></p> <p>Subgrupo: <i>SBA-Teste</i></p> |
| 2. Objetivo do Grupo SBA |
| 3. Visão do Grupo SBA |
| 4. Colaboradores envolvidos no grupo SBA |
| 5. Linhas de Pesquisa do grupo SBA |
| 6. Projetos associados ao grupo SBA |

- **Simulações com o modelo IBIS**

Foram realizadas simulações com o modelo IBIS2D alterando-se os índices de umidade no solo a níveis de 20%, 50% e 90% para avaliar a influencia da umidade nas variáveis: produtividade primária líquida (NPP), produtividade primária bruta (GPP), evapotranspiração (AET), troca líquida do ecossistema (NEE) e Biomassa.

A Figura**** ilustra o balanço anual para as variáveis em estudo na região Amazônica. As simulações considerando diferentes níveis de umidade no solo mostram que nesta



região o aumento da umidade (90%) ou a sua diminuição (20%) não influencia diretamente a produtividade, ou seja, a umidade no solo não é um fator limitante para a produtividade na Amazônia. A variabilidade interanual encontrada nos anos iniciais de simulação refletem a instabilidade do modelo durante o início da simulação. Desta forma para verificar a influência da umidade sobre a produtividade, é importante avaliar os anos finais de simulação.

A biomassa na região Amazônica apresentou padrão ascendente ao longo dos anos simulados, independente do grau de umidade encontrado no solo, acompanhando a troca líquida do ecossistema NEE, que tende a diminuir com o passar dos anos, representando uma diminuição da perda de carbono da vegetação para atmosfera.

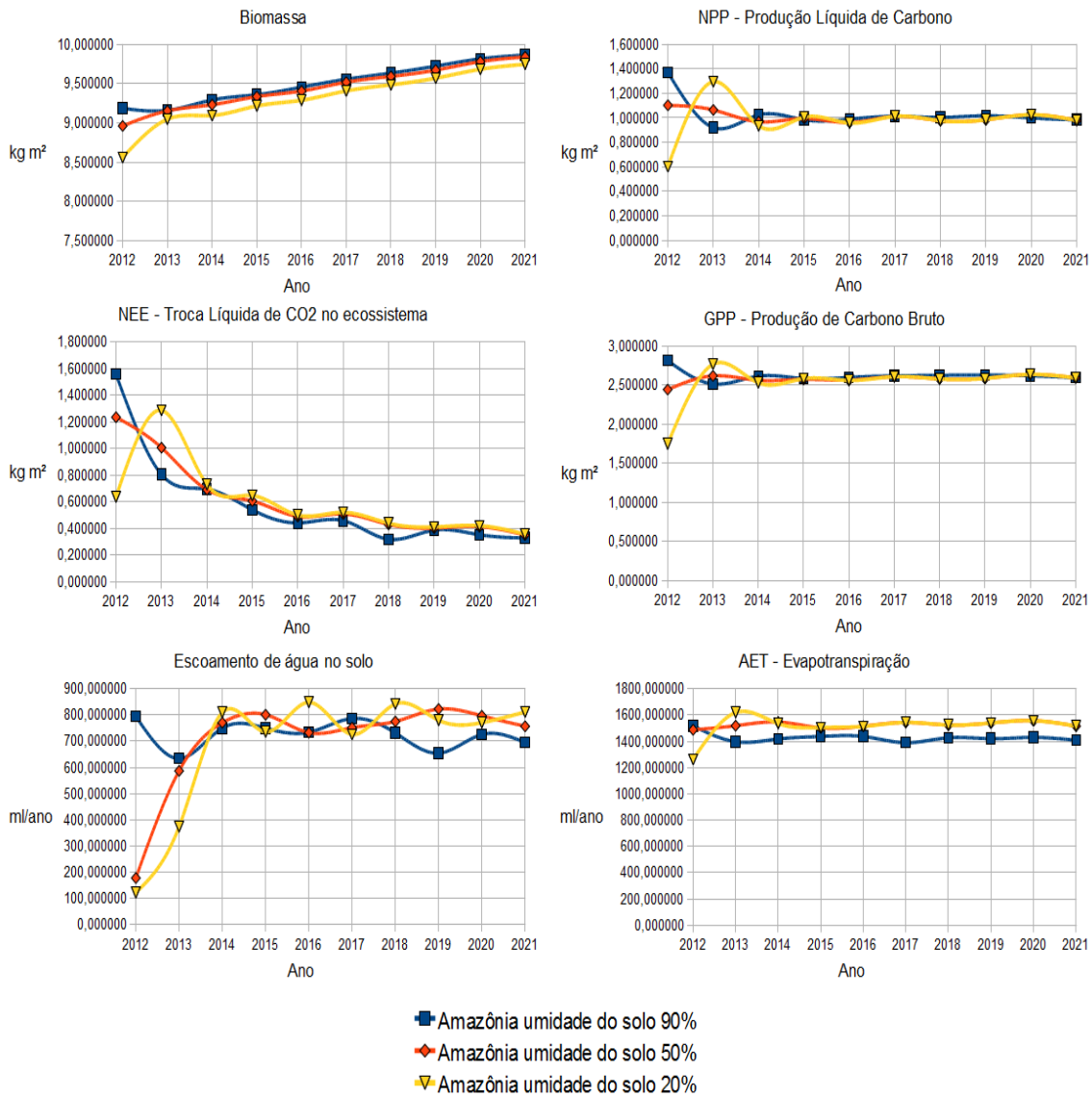


Figura 5: Gráficos das simulações sobre a Amazônia com índices de 90%, 50% e 20% de umidade no solo

A variável escoamento de água no solo apresenta claramente a rápida recuperação da umidade no solo na região. Na Figura *** as linhas em amarelo representam um solo com 20% de umidade total, onde o escoamento para o primeiro ano é o menor em relação aos outros, tendo em vista que o solo está absorvendo água para recompor seu teor natural de umidade. A partir do segundo ano a umidade é recomposta a seus níveis “normais” e a variabilidade interanual se aproxima do padrão encontrado nas simulações considerando

50%

e

90%.

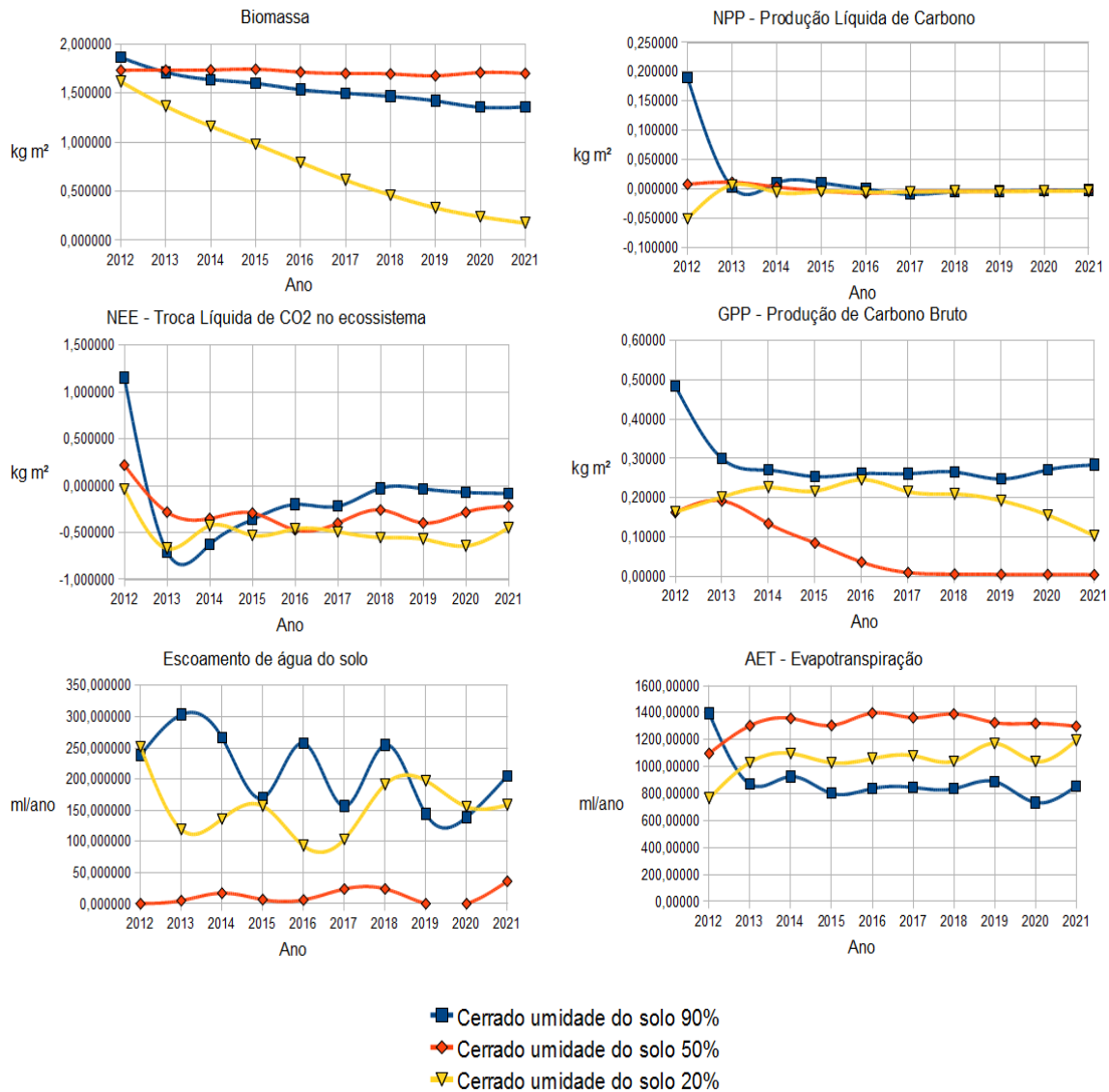


Figura 6: Gráficos das simulações sobre o Cerrado com índices de 90%, 50% e 20% de umidade no solo

No Cerrado as simulações demonstraram que os níveis de umidade no solo apresentam maiores influências sobre as variáveis de produtividade do que em relação ao bioma Amazônico. Observa-se que em níveis de 20% de umidade no solo a biomassa apresenta um padrão decrescente ao longo dos dez anos simulados, isto, pois a disponibilidade de água esta diretamente relacionada com a taxa de fotossintética. O aumento de umidade no solo, demonstrado pela linha azul (90%) ao longo dos anos



caracterizou uma resposta “negativa da vegetação” o que pode ter caracterizado uma intolerância da vegetação a níveis de umidade elevados. Contrariamente a Amazônia, o Cerrado no modelo de superfície IBIS demonstrou-se um sumidouro de carbono ao longo dos anos simulados. Esta resposta deve ser fruto de novas investigações uma vez que não se esperava encontrar maiores quantidades de carbono absorvidos frente a anos com menor taxa de umidade disponível.

A evapotranspiração foi mais alta quando utilizado 50% de umidade no solo, inversamente proporcional ao escoamento, que para este teor de umidade foi o menor, chegando a atingir zero no final da simulação. As simulações com 20% e 90% de umidade do solo por sua vez, demonstraram alta taxa de escoamento.



4. CONCLUSÕES E ATIVIDADES FUTURAS

Conclui-se que o modelo em suas atuais condições consegue representar a influência da umidade nos diferentes biomas Amazônia e Cerrado. Porém observa-se a necessidade de realizar uma avaliação mensal para que a variabilidade sazonal seja detectada e ajude na compreensão de alguns aspectos encontrados como, por exemplo, o maior estoque de carbono no Cerrado em simulações com menor taxa de umidade no solo.

Os dados simulados e os novos testes serão implantados na página do Grupo SBA que já esta com o layout definido e com a estrutura montada. Pretende-se inserir mais informações pertinentes às áreas de pesquisa como: geologia, biologia e meteorologia, a fim de atualizar e complementar as informações fornecidas pelo grupo SBA de forma rápida e com fácil acesso. Informações como: divulgação de dados numéricos das rodadas do modelo em largas escalas, dados sobre a Amazônia e suas interações, divulgação de teses, artigos, workshops, exercícios provenientes deste estudo, e dados atualizados sobre as simulações realizadas são o próximo foco de implantação.

O desenvolvimento de uma ferramenta online para preencher falhas em dados de torres micrometeorológicas (dados incompletos, corrompidos ou que não puderam ser analisados) a partir de um algoritmo baseado em Reichstein *et al*, 2005, já foi iniciado e será o principal objetivo do próximo ano de pesquisa a ser realizado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FOLEY, J.A. et al., 1996. An integrated biosphere model of land surface processes, terrestrial carbon balance, and vegetation dynamics. *Global Biogeochemical Cycles*, 10(4): 603-628, 1996.

KUCHARIK, C.J. et al., 2000. Testing the performance of a dynamic global ecosystem model: water balance, carbon balance, and vegetation structure. *Global Biogeochemical Cycles*, 14(3): 795-825, 2000.

AGUIAR, R.G. et al., 2005 Fluxos de massa e energia em uma floresta tropical no sudoeste da Amazônia. *Revista Brasileira de Meteorologia*, p.1 e p.248-257 , 2005.

LIMA & SILVA, 2008. Recursos hídricos do bioma Cerrado – Importância e situação. In: 307 Cerrado : Ecologia e Flora, Sano, S.M; Almeida, S.P. de; Ribeiro, J.F., Embrapa 308 Cerrados- Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica,. v.1. p.407, 2008.

REICHSTEIN, M. et al., 2005 . On the separation of net ecosystem exchange into assimilation and ecosystem respiration: review and improved algorithm. *Global Change Biology*, vol. 11, no. 9, p. 1424–1439, 2005.

REICHSTEIN, M. et al. 1995, Comprehensive comparison of gap-filling techniques for eddy covariance net carbon fluxes. *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 147, no.9, p.210, 1995.

FUJISAKA, S., et al. The effects of forest conversion on annual crops and pastures: estimates of carbon emissions and plant species loss in a Brazilian Amazon colony. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 69, p. 17-26, 1998.

COSTA, M.H., et al. Estado-da-arte da simulação da taxa de fixação de carbono de ecossistemas tropicais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.24, n.2, 179-187, 2009.

COELHO, 2002. JavaScript - Animação e Programação em Páginas Web, Editora FCA Informática. v.2. p.249-266, 2002.

SILVA, 2008. Criando Sites com HTML, Editora Novatec. v.1. p.36-41 e p.201-232, 2008.