

**BALANÇO DE ENERGIA E FLUXO DE CO<sub>2</sub>: ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS NO CERRADO DA FLORESTA ESTADUAL DE ASSIS, ESTADO DE SÃO PAULO**

Edson Xavier Fernandes\*

Jonas Teixeira Nery\*\*

**Resumo:** Com base em dados climatológicos e de fluxo de energia, o presente trabalho analisa o comportamento microclimático observado em um importante remanescente de cerrado, no interior do estado de São Paulo. A sazonalidade climática é bem marcada na área de estudo, com dois períodos climáticos (um seco e outro chuvoso). A vegetação apresenta sua fisiologia em função da disponibilidade hídrica e das condições térmicas locais, podendo-se observar marcada alteração da paisagem em função da maior ou menor presença de radiação solar. Entender como alguns ecossistemas se comportam frente ao quadro de mudanças climáticas globais tem ganhado a atenção de vários pesquisadores, frente à questão socioambiental que este tema suscita.

**Palavras-chave:** calor latente, calor sensível, cerrado, dióxido de carbono, fluxos.

**ENERGY BALANCE AND CO<sub>2</sub> FLOW: ANALYSIS OF DATA COLLECTED IN CERRADO FOREST IN ASSIS, STATE OF SÃO PAULO**

**Abstract:** Based on climatological data and energy flow, this paper analyzes the behavior observed in microclimatic an important remnant of cerrado in the São Paulo State. The seasonal climate is well marked, in the study area, with two climatic periods (one dry and one wet). The vegetation presents physiology as a function of water availability and the local thermal conditions and can be seen marked changes in the landscape due to the more or less presence of solar radiation. It's important to understand the ecosystems behave in the context of global change. It has gained the attention of many researchers in the world.

**Keywords:** latent heat, sensible heat, cerrado, carbon dioxide, fluxes.

### Introdução

Entre estudos e debates em torno do clima, a hipótese do aquecimento global em decorrência do aumento na concentração dos gases de efeito estufa é que tem ganhado mais adeptos e direcionado o olhar de muitos pesquisadores. A elevação desses gases na atmosfera seria consequência, principalmente, das atividades antrópicas: urbanização, industrialização, queima de combustíveis fósseis e mudanças no uso da terra (como o desmatamento, por exemplo).

Existem pesquisadores que se posicionam contrários à teoria do

aquecimento global antropogênico, alegando que as alterações climáticas derivam de fenômenos exclusivamente naturais, como por exemplo da atividade solar. Os chamados "céticos do clima" apontam que a hipótese do aquecimento global necessita de bases científicas mais sólidas, sendo que os cenários criados por modelos matemáticos não representam eventos factíveis, tão somente são cenários e tais modelos não são capazes de representar adequadamente os processos físicos que ocorrem na atmosfera (MOLION, 2008). Para Molion (2008), o IPCC está errado ao afirmar que forçantes

\* Aluno de graduação do curso de Geografia da Unesp, turma de 2008-2013, integra o grupo de pesquisa Clima/CNPq. E-mail: exf\_geografia@hotmail.com.

\*\* Meteorologista, professor doutor do Departamento de Geografia da Unesp, Campus de Ourinhos. E-mail: jonas@ourinhos.unesp.br.

internas, tal como o aumento de CO<sub>2</sub> na atmosfera, são causas importantes para o aumento da temperatura do planeta Terra. Para esse pesquisador é a taxa de variação de radiação solar (causa externa) o principal motivo para uma possível era interglacial, ou seja, aumento da temperatura terrestre.

Entre aqueles que defendem a hipótese do aquecimento global antropogênico, têm se fortalecido as pesquisas que procuram estudar os efeitos deste aquecimento sobre os ecossistemas terrestres, bem como aqueles que procuram analisar como estes ecossistemas podem auxiliar na mitigação dos seus efeitos, levando em conta a funcionalidade da vegetação de assimilar dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que é considerado o principal desencadeador do processo de elevação da temperatura média global.

Segundo Tannus (2004, p. 3):

As consequências do aquecimento são inúmeras e incertas para a integridade dos ecossistemas terrestres, devido ao pouco conhecimento da dinâmica dos ecossistemas e da alteração natural da paisagem. Uma vez que não há perspectiva da desaceleração do efeito estufa a curto prazo, o estudo da susceptibilidade dos ecossistemas às mudanças ambientais torna-se ainda mais importante para subsidiar políticas ambientais de conservação e sustentabilidade.

Pode-se citar o mais recente projeto em execução na Amazônia brasileira, o Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazônia (LBA), como exemplo de estudos que procuram analisar como grandes ecossistemas vegetados atuam na assimilação de CO<sub>2</sub> e consequente mitigação dos efeitos do aquecimento global. Esse projeto é resultante de parcerias nacionais e

internacionais (ARRUDA, 2011), contando com a participação de pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Esse tipo de pesquisa compactua com a ideia apresentada por Appenzeller (2011) em um artigo da revista *National Geographic Brasil*, em que se lê:

[...] pois são as florestas, os campos e os oceanos que funcionam como sorvedouros de carbono. Eles reabsorvem metade do CO<sub>2</sub> que emitimos, freando o seu acúmulo na atmosfera e adiando os efeitos do clima. O problema é que os cientistas não sabem com certeza se este processo benéfico vai continuar ou se, com o aumento das temperaturas globais, ele não poderia até mesmo virar algo prejudicial – com as florestas e outros ecossistemas se convertendo em fontes de emissão de carbono, lançando na atmosfera mais do que conseguem absorver (APPENZELLER, 2011, p. 44).

Arruda (2011) afirma que além da floresta amazônica outros ecossistemas vegetados como o Pantanal e o Cerrado têm despertado olhar de pesquisadores, por serem grandes absorvedores de CO<sub>2</sub> e por serem importantes fontes de calor e vapor de água para a atmosfera. Com base nessas discussões sobre o papel da vegetação na absorção do dióxido de carbono, destacam-se trabalhos que fazem medições de fluxo de carbono em diferentes ecossistemas, tais como: Aguiar (2005), Andrade et al. (2009) e Arruda (2011) em florestas tropicais e/ou de transição; Oliveira et al. (2006) na caatinga; Miranda et al. (1997) e Rocha et al. (2002) no cerrado; Veenendaal, Kolle e Lloyd (2004) na savana africana; além de trabalhos como o de Tatsch (2006), que compara os fluxos em superfície com vegetação natural (cerrado) e agroecossistemas (cana-de-açúcar e eucaliptos).

O cerrado, que é o segundo maior bioma brasileiro e um dos mais importantes ecossistemas vegetados do planeta, tem sua área nuclear principalmente nos estados do Centro-Oeste brasileiro, com presença marcante também no estado do Tocantins, na região Norte e estende-se por outras regiões do país de forma descontínua, em manchas, alcançando área do Nordeste, extremo norte da Amazônia, grande parte do estado de Minas Gerais, além do oeste paulista e norte do Paraná. No estado de São Paulo sua presença é associada a solos de baixa fertilidade, ocorrendo em forma de enclaves dispersos – principalmente em áreas da Depressão Periférica e do Planalto Ocidental Paulista (RATTER et al., 1997 apud LATANSIO-AIDAR et al., 2010).

Kronka et al. (2005) apontam que, em 2001, a porcentagem de áreas ocupadas por remanescentes de cerrado era de apenas 0,7%, os quais correspondiam originalmente a 14,0% da área de todo o estado paulista. No município de Assis, a 444 quilômetros da capital (São Paulo), a Estação Ecológica de Assis – dentro dos limites da Floresta Estadual de Assis, que é uma importante unidade de conservação, com aproximadamente 2.816,62 ha – guarda um dos maiores remanescentes de cerrado do estado, sendo a fisionomia predominante o cerradão (MAX et al., 2007), que é o local deste estudo.

A técnica utilizada na coleta de dados para a análise dos fluxos, nessa área, é aquela baseada na covariância de vórtices turbulentos ou *Eddy Covariance*. Tal técnica é capaz de fornecer dados acerca de fluxos de carbono, de energia, de massa (vapor d'água) e de momentum através de sensores de alta frequência, que detectam na

movimentação do ar (vento ou turbulência) o transporte de energia e massa numa dada parcela. Geralmente, associadas a medições dos fluxos de carbono, também são realizadas medições de variáveis meteorológicas (temperatura do ar, umidade relativa, radiação incidente e precipitação, por exemplo) e de fluxos de calor (calor latente, calor sensível e calor no solo), os quais, juntamente com o saldo de radiação ( $R_n$ ), dão a ideia de como a energia é particionada e aproveitada no ambiente, de modo que seja possível inferir acerca do desenvolvimento vegetacional (fenologia) e da capacidade de assimilação de dióxido de carbono pela vegetação, quando da realização de sua atividade fotossintética. Portanto, estudos do balanço de energia e dos fluxos de  $CO_2$  estão intimamente associados. Arruda (2011) chama atenção para o fato de que o entendimento dos fluxos de  $CO_2$  passa pelo estudo e pela compreensão do balanço de energia, sobre o que afirma:

[...] compreender a troca de energia nos ecossistemas é de grande significado, pois compreendendo a dinâmica do balanço de energia, poder-se-á igualmente compreender a melhor dinâmica das florestas no processo de absorção e emissão do  $CO_2$  para a atmosfera. O entendimento do primeiro pode nos levar a conhecer com mais exatidão o comportamento do outro (p. 2).

Nesse sentido, o presente trabalho busca apresentar algumas análises preliminares sobre o estudo do balanço de energia e do fluxo de  $CO_2$  do cerrado em Assis/SP no ano de 2011. Para isso, serão considerados os dados acerca do fluxo de calor sensível (H), do fluxo de calor latente (LE) e do saldo de radiação ( $R_n$ ), bem como os dados climatológicos de temperatura do

ar, umidade relativa, radiação solar incidente e precipitação pluvial, de modo que se consiga inferir sobre as condições favoráveis (ou não) ao desenvolvimento da vegetação em diferentes épocas do ano e o consequente impacto sobre o balanço de energia local, uma vez que trata-se, portanto, de um estudo que envolve a interação entre a vegetação e a atmosfera.

## Materiais e métodos

### Área de estudo

De acordo com Max et al. (2007), a Floresta Estadual de Assis, criada no ano de 1959, está localizada nas coordenadas 22°34'S e 50°24'W ao norte do município de Assis, possuindo uma área de aproximadamente 2.816,42 hectares, sendo que em seu interior – na estação ecológica de Assis – abriga um dos mais importantes remanescentes de cerrado do estado de São Paulo (Figuras 1 e 2).

**Figura 1** – Croqui da área da Floresta Estadual de Assis e da Estação Ecológica de Assis, elaborado a partir do ano de 2002.



Fonte: Max et al. (2007, p. 14).

**Figura 2** – Composição “falsa-cor” (RGB – 543) da área de estudo no ano de 2011, utilizando imagens de satélite (Landsat-5 TM) processadas pelo SIG Idrisi (Taiga Edition)



— Bognola et al. (1990) e Prado (1997) apud Max et al., 2007) identificam três classes de solos dentro da Floresta Estadual de Assis. São eles: Latossolo Vermelho Escuro álico A moderado textura média (atual Latossolo Vermelho distrófico típico álico textura muito média a moderado), Areia Quartzosa álica A moderado (atual Neossolo Quartzarênico órtico) e Podzólico Vermelho amarelo eutrófico abrupto, A moderado textura arenosa/média (atual Argissolo Vermelho amarelo eutrófico abrupto A moderado textura arenosa/média).

Em 2010, com base em dados de chuva com séries maiores que 30 anos disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA), um trabalho inicial de classificação climática do município de Assis e do seu entorno mostrou que ao longo do ano podem ser identificados dois períodos climáticos distintos: um seco, que vai de abril a agosto, estendendo-se, por vezes, até setembro – como foi observado no ano de 2011 – e outro úmido, de setembro/outubro a março (FERNANDES; NERY, 2010).

### Variáveis meteorológicas

A Tabela 1 mostra as principais variáveis meteorológicas analisadas e os sensores responsáveis pelas medições, instalados numa torre baseada com cerca de 5 metros de altura. O processamento e armazenamento de dados foram realizados por meio de um sistema *datalogger* CR-1000

da *Campbell*, sendo os dados coletados minuto a minuto e as médias registradas a cada hora pelo sistema. A confecção de gráficos e análises foram realizadas com base na observação das médias mensais das variáveis consideradas. O *software* utilizado para tabulação e análise dos dados foi o Excel (Microsoft Office 2007).

**Tabela 1** – Sensores utilizados na coleta das variáveis meteorológicas.

Sensor	Modelo	Variável Meteorológica	Unidade de Medida
Radiômetro	CMP-3 (Kipp & Zonen)	Radiação Solar	W/m <sup>2</sup>
Termo-higrômetro	CS215-CSL	Temperatura do ar	°C
Termo-higrômetro	CS215-CSL	Umidade Relativa do ar	%
Pluviômetro	TB4 (CS700)	Precipitação	mm

### Medidas de fluxo

Os sensores responsáveis pela medição e coleta de dados de fluxo encontram-se em uma torre de aproximadamente 7 metros de altura, sendo instalados a dois metros acima do dossel da vegetação. Foi utilizado um anemômetro sônico tridimensional (modelo CSA-3, *Campbell Scientific*) para medir as flutuações da velocidade do vento em três direções (vertical, horizontal e diagonal) e temperatura. As medidas de CO<sub>2</sub> foram coletadas utilizando um analisador de gás infravermelho (modelo LI-7500). Os fluxos médios de H e LE foram obtidos a partir do método de covariância de vórtices turbulentos, por meio do cálculo da covariância entre as flutuações na velocidade do vento na vertical e a densidade do vapor de água e temperatura (ARRUDA, 2011). Tanto os fluxos de calor (H e LE) quanto o fluxo de CO<sub>2</sub> foram processados e armazenados por um sistema *datalogger* CR-

1000 da *Campbell*, sendo consideradas as médias obtidas a cada 30 minutos pelos sensores. A tabulação, organização e tabulação dos dados foram feitas no *software* Excel (Microsoft Office 2007) para confecção de gráficos (lineares e de dispersão), valendo-se do cálculo das médias mensais dos dados de fluxo considerados.

### Balanco de energia em superfície vegetada

Conforme Pereira (2002 apud Arruda, 2011, p. 12), “a essência do conceito do balanço de energia está na afirmação de que a diferença entre a energia que sai de um sistema é a energia captada ou utilizada por ele”. A equação básica para o cálculo do balanço de energia em superfície vegetada é dada da seguinte forma:

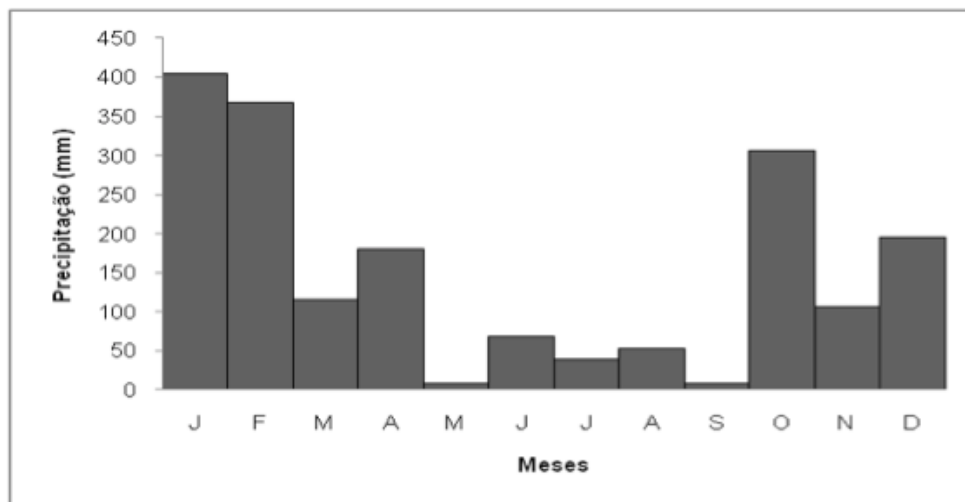
$$Q_{net} = Q_{solar} + Q_{net} + Q_{w} + Q_{h} + Q_{LE} \quad (1)$$

Na qual  $R_n$  é a radiação líquida (balanço de energia),  $H$  é o fluxo de calor sensível (ou a parte da energia que chega à superfície, usada para aquecer o ambiente),  $LE$  é o fluxo de calor latente (ou a parte usada para evaporar a água),  $G$  é o fluxo de calor no solo,  $P$  é a parte usada na fotossíntese e  $\Delta S$  é a parte captada pela biomassa. Neste estudo, consideraram-se apenas os fluxos de calor sensível ( $H$ ) e de calor latente ( $LE$ ) que, segundo Benezoli e Imbuzeiro (2011), podem significar cerca de 90% de toda a energia fornecida ao sistema. Além disso, as razões  $H/R_n$  e  $LE/R_n$  foram consideradas para diagnosticar como se deu o particionamento de energia ao longo dos meses, representando, respectivamente, as frações usadas para aquecer a atmosfera e para evaporar a água.

### Discussão dos resultados

Em 2011, durante o período úmido, o mês mais chuvoso foi janeiro, com um total de 404 mm mensais, distribuídos ao longo de 25 dias do mês. Já no período seco, os meses mais secos foram maio e setembro, com um acumulado de aproximadamente 8 mm mensais em ambos os casos e nos demais meses do período seco que registraram acumulados maiores (junho: 68 mm; julho: 38 mm; agosto: 53 mm), as chuvas foram concentradas (junho: 8 dias; julho: 6 dias; agosto: 10 dias), portanto mal distribuídas ao longo dos meses, ocasionando períodos consideráveis de estiagem (Figura 3).

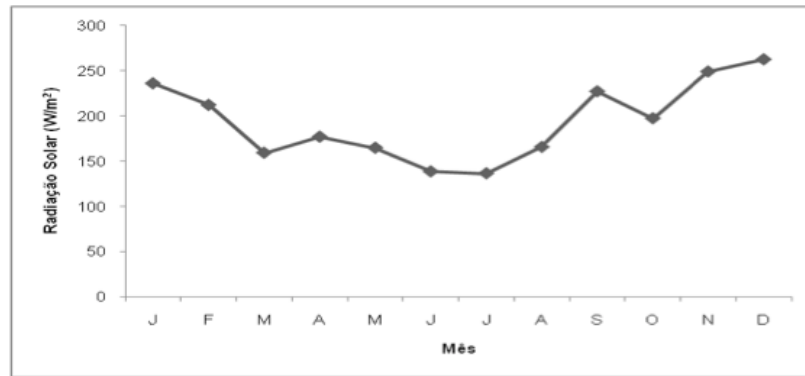
**Figura 3** – Evolução temporal da chuva em 2011, em Assis, considerando os acumulados totais registrados pelos sensores



As demais variáveis também evidenciam a sazonalidade climática da área estudada. Os valores médios mensais da radiação mostram máxima radiação registrada nos meses de verão e mínima

durante o inverno, o que é uma resposta ao ciclo anual do movimento de translação da Terra em torno do Sol e do ângulo de incidência dos raios solares (Figura 4).

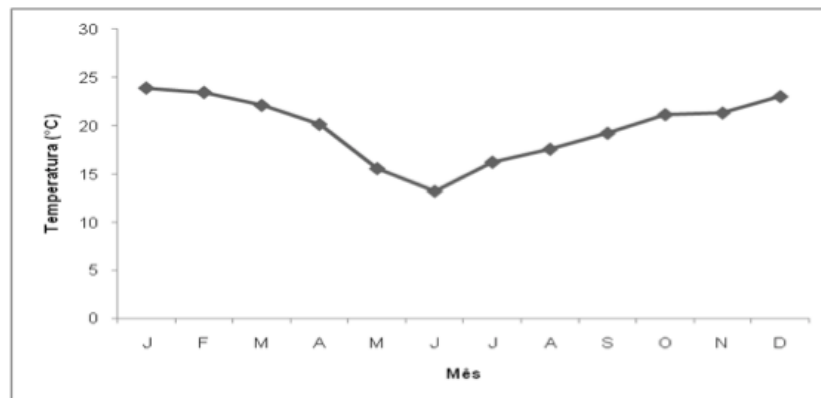
**Figura 4** – Evolução anual da radiação expressa pelas médias mensais registradas no cerrado durante o ano de 2011



Conforme as médias mensais, as maiores temperaturas foram registradas durante o período úmido, enquanto as mínimas foram registradas no período seco,

mais precisamente nos meses de inverno. Como exemplo, tem-se a média de 24°C em janeiro (no verão) e 13°C em julho (no inverno) (Figura 5).

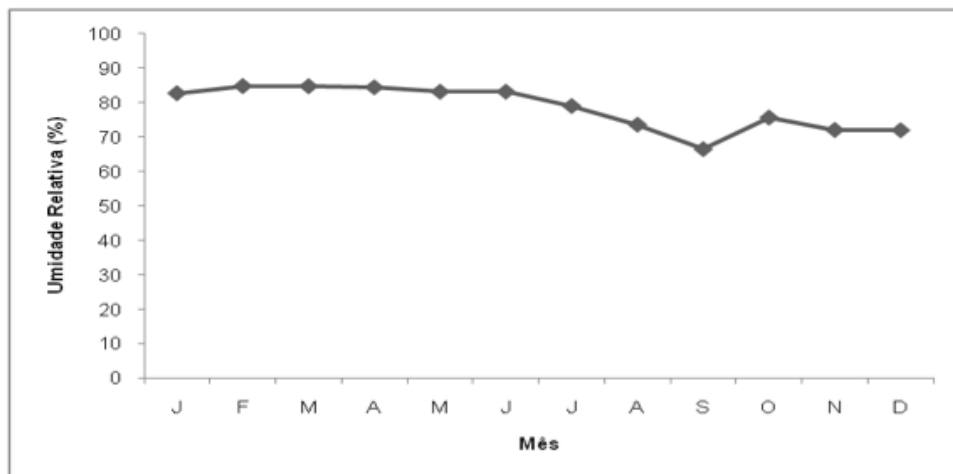
**Figura 5** – Evolução anual da temperatura do ar expressa pela média mensal registrada no cerrado, para o período de janeiro a dezembro de 2011



Já a umidade relativa do ar manteve-se em níveis mais elevados durante os seis primeiros meses do ano, decaindo à medida que se aproximava o inverno e a estação seca se prolongava, atingindo o menor valor médio mensal no mês de setembro e voltando a subir nos meses subsequentes (Figura 6). Uma das possíveis explicações para manutenção dos valores acima de 80%, mesmo nos meses do período seco (abril, maio e junho), é a presença da vegetação

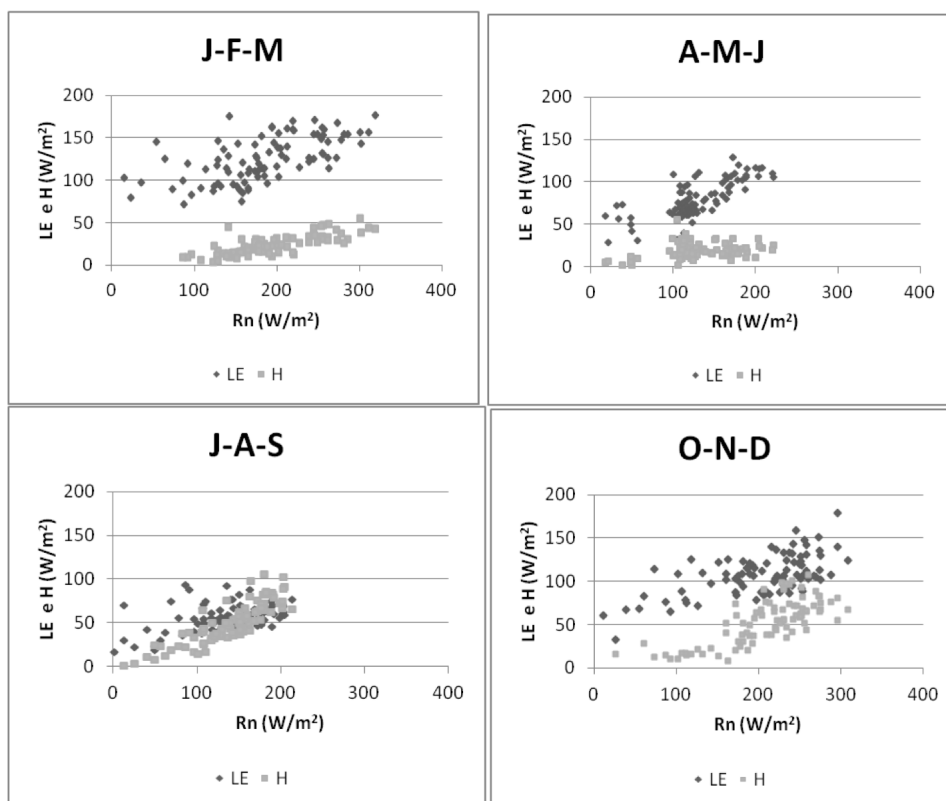
que contribui para fixar uma quantidade maior de umidade no solo. Em julho e agosto a vegetação sofreu com estresse térmico (e hídrico), dada a ocorrência de geadas que contribuíram para diminuir a área foliar, reduzindo as atividades fisiológicas das plantas e árvores, resultando numa diminuição da umidade. Tal fato também teve impacto sobre a dinâmica dos fluxos de energia, bem como de dióxido de carbono.

**Figura 6** – Evolução anual da umidade relativa do ar no cerrado, com bases nas médias mensais de janeiro a dezembro de 2011



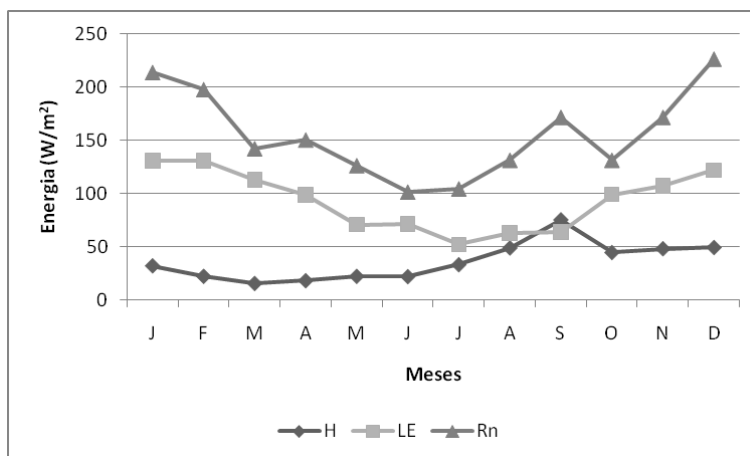
O saldo de radiação ( $R_n$ ) apresentou uma variabilidade que acompanha a sazonalidade da radiação, sendo que os maiores valores são registrados no verão (janeiro e fevereiro) e os menores no inverno (junho e julho). Além do saldo de radiação, os outros dois elementos do balanço de energia, calor sensível ( $H$ ) e calor latente ( $LE$ ), considerados neste estudo, também apresentaram um comportamento bem marcado ao longo do ano. À medida que a energia disponível diminui, as parcelas utilizadas para os processos de evapotranspiração ( $LE$ ) e aquecimento do ambiente ( $H$ ) também diminuem, de modo que o fluxo de  $LE$  predomina sobre o fluxo de  $H$  na maior parte do ano, sendo inferior apenas no mês de setembro (Figuras 7 e 8).

**Figura 7** – Relação entre o saldo de radiação líquida ( $R_n$ ) e os componentes do balanço de energia, o calor sensível ( $H$ ) e o calor latente ( $LE$ ), a partir dos dados mensais organizados por trimestres do ano de 2011. Note-se que a diminuição da energia disponível diminui nos meses de inverno, com impacto sobre os fluxos de calor (sensível e latente)





**Figura 8** – Evolução, com base nas médias mensais, de janeiro a dezembro de 2011, dos principais componentes do balanço de energia. Note-se que apenas no mês de setembro o fluxo de calor sensível (H) ultrapassa o fluxo de calor latente (LE)



O mês de setembro apresentou déficit hídrico, tendo em vista a pouca precipitação (antecedida por consideráveis períodos de estiagem) e a própria senescência da vegetação durante o período seco, que contribuíram para que uma quantidade menor de umidade fosse retida (Figuras 3 e 6), de modo que uma parcela maior de toda a energia disponível no sistema neste mês foi utilizada para o aquecimento do ambiente (H) e não para a evapotranspiração (LE). Já nos

meses subsequentes, o fluxo de calor latente (LE) voltou a superar o fluxo de calor sensível (H), especialmente em outubro, mês em que, apesar da menor energia disponível no sistema, a elevada precipitação (306 mm) contribuiu para elevar a taxa evaporativa mais uma vez. A Tabela 2 mostra a evolução dos principais componente do balanço de energia ao longo do ano, bem como as taxas evaporativas (LE) e para o aquecimento do ar (H).

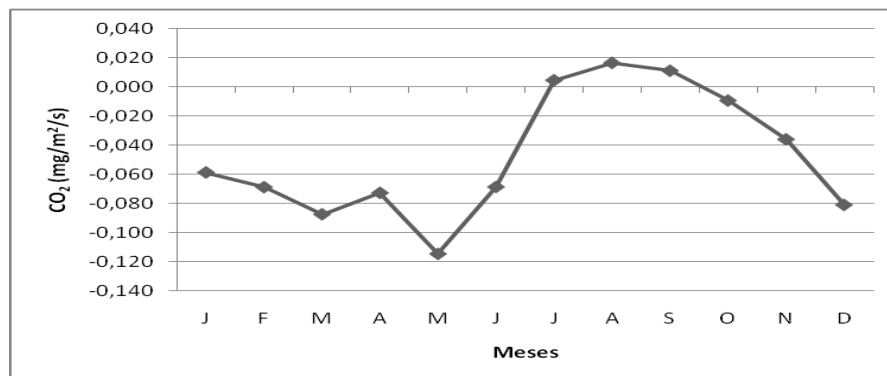
**Tabela 2** – Valores médios de Rn, H, LE e das razões LE/Rn e H/Rn, que representam, respectivamente, as frações da energia utilizada para evaporar a água e aquecer a atmosfera, segundo dados colhidos em 2011

Mês	Rn (W/m <sup>2</sup> )	LE (W/m <sup>2</sup> )	H (W/m <sup>2</sup> )	LE/Rn	H/Rn
J	214	131	32	0,61	0,15
F	198	131	22	0,66	0,11
M	142	113	16	0,79	0,11
A	151	99	18	0,66	0,12
M	126	71	22	0,56	0,18
J	102	71	22	0,70	0,22
J	105	52	33	0,50	0,32
A	132	63	49	0,48	0,37
S	172	64	75	0,37	0,44
O	132	99	45	0,75	0,34
N	172	107	48	0,62	0,28
D	226	122	49	0,54	0,22

Esses resultados permitem avaliar que a sazonalidade do fluxo de calor latente (LE) é bem marcada, com os maiores valores registrados no período úmido e os valores mínimos na fase seca, em função do saldo de radiação e da disponibilidade hídrica. Também é possível perceber que o fluxo de calor sensível (H) não é controlado só pela entrada de radiação e pela água presente no ambiente, mas também pelas características do dossel, pois, conforme observou Ruhoff (2009, p. 4833), “diminuindo-se o índice de vegetação, uma maior quantidade de energia fica disponível para ser convertida em fluxo de calor sensível”.

Outro fluxo que tem estreita ligação com o estado da vegetação é o de CO<sub>2</sub>. Os dados mostram que, durante três meses do período seco (julho, agosto e setembro), o cerrado da Floresta Estadual de Assis passou a emitir dióxido de carbono para a atmosfera. Nesses meses, a vegetação apresentou um comportamento fenológico diferente em função do clima. Tanto a falta de água (estresse hídrico) quanto as baixas temperaturas (estresse térmico) fizeram com que diminuísse o metabolismo da vegetação, reduzindo a área foliar, por isso assimilando menos carbono e possibilitando um fluxo maior da vegetação para a atmosfera, assumindo as características de um foco emissor deste gás (Figura 9).

**Figura 9** – Valores médios mensais de carbono no ecossistema cerrado entre janeiro e dezembro de 2011



Apesar de o mês de maio ter registrado um acumulado de precipitação similar ao do mês de setembro, ambos os meses secos, o armazenamento de água no ambiente (no solo, principalmente) garantiu uma disponibilidade de água para a vegetação durante a estiagem. Assim, maio foi o mês que apresentou maior assimilação de carbono no cerrado.

### Considerações finais

A análise das variáveis meteorológicas (precipitação pluvial, radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar) mostrou a variação climática em função desses dois períodos climáticos, indicando um padrão sazonal de climas tipicamente tropicais, com duas estações bem definidas, sendo que a estação seca dura mais de

quatro meses. A relação entre a temperatura do ar e a radiação solar incidente e a sazonalidade tem um impacto importante na vegetação, conseqüentemente, no balanço de energia e no fluxo de CO<sub>2</sub>.

Dadas as condições térmicas e hídricas do período seco, isto é, baixas temperaturas e pouca água armazenada no sistema, a vegetação respondeu através da senescência, diminuindo sua área foliar, o que teve impacto direto sobre os fluxos. Percebeu-se também que o fluxo de calor latente diminuiu consideravelmente durante esta fase, até o ponto de ser ultrapassado pelo fluxo de calor sensível no mês de setembro. Por sua vez, nos meses mais frios e secos do ano (julho, agosto e setembro), também em consequência do estado da vegetação e das condições climáticas, a vegetação do cerrado deixou de assimilar

carbono atmosférico e passou a ter características de um foco emissor deste gás de efeito estufa.

Estudos como este são importantes para se conhecer melhor a dinâmica dos ecossistemas de grande importância, como é o caso do cerrado brasileiro, sobretudo no estado de São Paulo, onde este tipo de vegetação tem sofrido danos e reduções drásticas. Dessa forma, pode-se contribuir (e propor) políticas de conservação e mesmo de mitigação dos impactos nocivos da ação humana sobre os recursos naturais.

### Agradecimento

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), pela concessão da bolsa de iniciação científica.

### Referências bibliográficas

- AGUIAR, R. G. **Fluxos de massa e energia em uma floresta tropical no sudoeste da Amazônia**. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2005.
- ANDRADE, N. L. R.; AGUIAR, R. G.; SANCHES, L.; ALVES, E. C. R. F.; NOGUEIRA, J. S. Partição do saldo de radiação em áreas de floresta amazônica e floresta de transição Amazônia-cerrado. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 24, n. 3, 2009, p. 346-355.
- APPENZELLER, T. O ciclo da vida. **National Geographic Brasil**, São Paulo, n. 139, p. 43-45, out. 2011.
- ARRUDA, J. C. **Estudos do fechamento do balanço de energia pelo método de covariância de vórtices turbulentos em uma floresta de transição em Mato Grosso**. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.
- BENEZOLI, V. H.; IMBUZEIRO, M. A. Caracterização dos fluxos de energia nos ecossistemas de floresta tropical, floresta de transição e pastagem pelo modelo biosfera terrestre IBIS. 2011, Guarapari (ES), CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2011, Guarapari (ES). **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2011, s/p.
- FERNANDES, E. X.; NERY, J. T. Diagnóstico de variáveis meteorológicas no cerrado do Instituto Florestal de Assis. 2010, Fortaleza (CE). SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 2010, Fortaleza (CE). **Anais...** Presidente Prudente: Associação Brasileira de Climatologia, 2010.

- KRONKA, F. J. N.; NALON, M. A.; MATSUKUMA, C. K.; KANASHIRO, M. M.; YWANE, M. S. S.; LIMA, L. M. P. R.; GUILAUMON, J. R.; BARRADAS, A. M. F.; PAVÃO, M.; MANETTI, L. A.; BORGIO, S. C. Monitoramento da vegetação natural e do reflorestamento no estado de São Paulo. 2005, Goiânia (GO). SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiânia (GO). **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005, p. 505-512.
- LATANSIO-AIDAR, S. R.; OLIVEIRA, A. C. P.; ROCHA, H. R.; AIDAR, M. P. M. Fitossociologia de um cerrado denso em área de influência de torre de fluxo de carbono, Pé-de-Gigante, Parque Estadual de Vassununga, SP. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 1, p. 195-207, 2010. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v10n1/en/abstract?inventory+bn00210012010>>. Acesso em: 2 maio 2011.
- MAX, J. C. M.; MELO, A. C. G.; HONDA, E. A.; DURIGAN, G.; MALÍCIA, L. C.; SOUZA, M. B. M.; CARDOSO, M. M.; BÔAS, O. V.; RAMOS, V. S.; CONTIÉRI, W. A. Plano de manejo da Floresta Estadual de Assis. **Instituto Florestal**: Série Registro, São Paulo, n. 30, p. 1-80, jun. 2007.
- MIRANDA, A. C.; MIRANDA, H. S.; LLOYD, J.; GRACE, J. FRANCEY, R. J.; MCINTYRE, J. A.; MEIR, P.; RIGGAN, P.; LOCKWOOD, R.; BRASS, J. Fluxes of carbon, water and energy over Brazilian cerrado: an analysis using eddy covariance and stable isotopes. **Plant: Cell and Environment**, v. 20, p. 315-328, 1997.
- MOLION, L. C. B. Aquecimento global: uma visão crítica. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 3, p. 7-24, 2008.
- OLIVEIRA, M. B. L.; SANTOS, A. J. B.; MANZI, A. O.; ALVALÁ, R. C. S.; CORREIA, M. F.; MOURA, M. S. B. Trocas de energia e fluxo de carbono entre a vegetação de caatinga e atmosfera no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3b, p. 378-386, 2006.
- ROCHA, H. R.; FREITAS, H. C.; ROSOLEM, R.; NEGRÓN-JUÁREZ, R. I.; TANNUS, R. N.; LIGO, M. A.; CABRAL, O. M. R.; DIAS, M. A. F. S. Measurements of CO<sub>2</sub> exchange over a woodland savana (cerrado sensu stricto) in southeast Brazil. **Biota Neotrópica**, v. 2, n. 1, 2002. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v2n1/pt/abstract?article+BN01702012002>>. Acesso em: 1 jul. 2011.
- RUHOFF, A. L.; NEGRÓN-JUÁREZ, R. I.; FREITAS, R. M.; COLLISCHONN, W.; ROCHA, H. R. Variabilidade dos fluxos de calor sensível e calor latente em áreas de cerrado *sensu stricto*. 2009, Natal (RN). SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2009, Natal (RN). **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 4829-4836.
- TANNUS, R. N. **Funcionalidade e sazonalidade sobre cerrado e sobre ecótono floresta-cerrado: uma investigação com dados micrometeorológicos de energia e CO<sub>2</sub>**. 2004, 92 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agrossistemas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- TATSCH, J. D. **Uma análise dos fluxos de superfície e do microclima sobre cerrado, cana-de-açúcar e eucalipto, com implicação para mudanças climáticas globais**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências da Atmosfera, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- VEENENDAAL, E. M.; KOLLE, O.; LLOYD, J. Seasonal variation in energy fluxes and carbon dioxide exchange for a broad-leaved semi-arid savana (Monape woodland) in Southern Africa. **Global Change Biology**, v. 10, p. 318-328, 2004. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2486.2003.00699.x/abstract>>. Acesso em: 29 jul. 2011.