

Estimativa do Índice de Área Foliar (IAF) e Biomassa em pastagem no estado de Rondônia, Brasil

Fabrizio Berton ZANCHI^{1,6}, Maarten J. WATERLOO¹, Leonardo J. G. AGUIAR²,
Celso von RANDOW³, Bart KRUIJT⁴, Fernando Luiz CARDOSO², Antônio O. MANZI⁵

RESUMO

Medidas mensais da altura da pastagem, biomassa total, variações de biomassa viva e morta, a área específica foliar (SLA) e o Índice de Área de Folha (IAF) de fevereiro de 1999 a janeiro de 2005 na Fazenda Nossa Senhora (FNS) e em Rolim de Moura (RDM) entre Fevereiro a Março de 1999, Rondônia, Brasil. A pastagem predominante é *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich) R. D. Webster (99% na FNS e 76% em RDM), com pequenas manchas de *Urochloa humidicula* (Rendle). A altura média anual da grama foi de ~0,16 m. Com o pastejo, o mínimo mensal foi de 0,09 m (estação seca) e máximo de 0,3 m sem pastejo (estação úmida). O IAF, biomassa total, material morto, vivo e SLA tiveram valores médios de 2,5 m² m⁻², 2202 kg ha⁻¹, 2916 kg ha⁻¹ e 19 m² kg⁻¹ respectivamente. A média mensal da biomassa foi 4224 kg ha⁻¹ em 2002 e 6667 kg ha⁻¹ em 2003. Grande variação sazonal do material vivo e morto, sendo mais alto o vivo durante a estação úmida (3229 contra 2529 kg ha⁻¹), sendo o morto maior durante a seca (2542 contra 1894 kg ha⁻¹). O nível de água no solo variou de -3,1 a -6,5 m durante as estações. Em médias anuais os IAF foram de 1,4 em 2000 a 2,8 em 2003 e o SLA entre 16,3 m² kg⁻¹ em 1999 e 20,4 m² kg⁻¹ em 2001. As observações do Albedo variaram de 0,18 para 0,16 em relação aos altos valores de IAF.

PALAVRAS-CHAVE: biomassa, IAF, pastagem *Urochloa*, albedo, Amazônia.

Estimate of the Leaf Area Index (LAI) and Biomass in pasture in the state of Rondônia - Brazil

ABSTRACT

Monthly measurements of the grass height, total above-ground biomass and the proportions of live and dead biomass, Specific Leaf Area (SLA) and Leaf Area Index (LAI) were made in one cattle ranch at the Fazenda Nossa Senhora (FNS) (February of 1999 to January of 2005) and also in Rolim de Moura (RDM) (February to March of 1999) in Rondônia state. The predominant grass species is *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich) R. D. Webster (covering 99% of the area in FNS and 76% in RDM), with minor patches of *Urochloa humidicula*. This pasture was regularly grazed. The average grass height was 0.16 m but monthly value varied between 0.09 m after intensive grazing in the dry season to 0.32 m in a wet season without grazing. The LAI, total biomass, dead plant material, live above-ground plant material and SLA average 2,5 m² m⁻², 2202 kg ha⁻¹, 2916 kg ha⁻¹ and 19 m² kg⁻¹ respectively. The monthly average above-ground biomass showed little seasonal variation, but annual averages ranged from 4224 kg ha⁻¹ in 2002 to 6667 kg ha⁻¹ in 2003. Live biomass was significantly higher during the wet season than during the dry season (3229 versus 2529 kg ha⁻¹) whereas dead biomass was higher during the dry season than during the wet season (2542 versus 1894 kg ha⁻¹). The groundwater levels changes from -3.1 m to -6.5 m during the wet and dry seasons, respectively. The annual average of SLA was 16.3 m² kg⁻¹ in 1999 and 20.4 m² kg⁻¹ in 2001. And for LAI was 1.5 in 2000 to 2.8 in 2003. The Albedo changes from 0.18 down to 0.16 at higher values of LAI.

KEY WORDS: above-ground biomass, LAI, Tropical pasture *Urochloa*, albedo, Amazon.

¹ Faculty of Earth and Life Sciences, Department of Geo-Environmental Sciences, Vrije Universiteit, De Boelelaan 1085, 1081 HV Amsterdam, The Netherlands phone: +31-20-598 7332 and fax: +31-20-598 9940. autor, e-mail: fabrizio.zanchi@falw.vu.nl.

² Universidade Federal de Rondônia;

³ Centro de Ciencia do Sistema Terrestre, CCST-INPE

⁴ Alterra Institute, Holanda;

⁵ Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia-INPA, Av. André Araújo, 2936 Campus 2, CEP: 69060-020, Manaus-AM, Brasil.

⁶ Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Instituto Agricultura e Ambiente - IAA, Rua 29 de Agosto, 786 B. Espírito Santo, CEP: 69800-000, Humaitá-AM, Brasil

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, grande área da floresta Amazônica vem tendo intensamente modificada pela agricultura, pelos sistemas agro-florestais e principalmente pela agropecuária. A transformação dessas áreas em pastagem se inicia normalmente com o corte da floresta primária, seguido de queima, introdução de culturas e degradação do solo (Fearnside, 1989). Neste sentido FAO (1999), menciona a crescente importância das pastagens tropicais no gerenciamento dos recursos hídricos e nos modelos locais de vegetação - interações da atmosfera com relação às mudanças climáticas. No entanto, existem ainda poucas informações a respeito da variação espacial ou mesmo de coletas de longo prazo tanto da variação da biomassa, como do índice de área foliar (IAF), área foliar específica (SLA) e altura da pastagem. Mas sabe-se que esta cobertura vegetal quando não há modificação pela atividade humana, como por exemplo, fogo ou pragas na pastagem. As variações naturais no IAF, altura e biomassa de algumas espécies, observam-se respostas às variações sazonais e interanual do clima e a umidade no solo, pois durante prolongados períodos de seca, as plantas podem responder ao estresse hídrico e limitações à transpiração através do fechamento dos estômatos, seguido de perdas das folhas e em casos extremos, mortes de partes das plantas (Waterloo, 1994). Para pastagens sob condições naturais, a morte pode ser um processo anual provocado pela floração e produção de sementes no final da estação chuvosa. Isto pode conduzir às consideráveis reduções na biomassa, na altura da pastagem e no IAF, como observado por Waterloo (1994).

Parâmetros de vegetação normalmente são obtidos através de campanhas curtas de amostragem, capturando somente as variações sazonais dos períodos seco e úmido (Roberts et al., 1996). E o uso de parâmetros de altura e IAF da vegetação são facilmente encontrados em modelos climáticos e hidrológicos para a estimativa de fluxo de energia (Ashby, 1999), estes parâmetros modulam e regulam a energia e a troca gasosa (e.g. CO₂ e H₂O) entre a vegetação e atmosfera por meio de impactos aerodinâmicos e condutância superficial. Entretanto, este método promove uma boa indicação da variação sazonal para tipos de vegetações naturais, o que não pode descrever o impacto do gado sobre o solo, fogo ou outros distúrbios na pastagem que ocorre em uma escala menor de tempo (dias em diversas semanas). Ao contrário deste estudo que foi medido mensalmente, refletindo com maior confiabilidade a variação do ecossistema.

Sob condições naturais, com ou sem a influência do gado na pastagem, as mudanças nas condições sazonais da variação da altura da pastagem, biomassa e IAF podem ser grandes. Waterloo (1994) reporta que em Fiji a mudança do IAF (medido em m² de área do solo pela cobertura vegetal em m⁻²), foi de 2,1 contra 0,2 no final de seis meses do período seco, já a

altura foi de 0,9 para 1,79 com a retirada do gado sobre o pasto de *Pennisetum polystachyon*. Já estas mudanças na Amazônia são menores devido à estação seca ser curta e o solo é geralmente mais profundo o que gera menos estresse hídrico nas plantas por possuir mais água disponível. Entretanto pode haver uma grande redução na altura e no IAF durante a estação chuvosa se houver uma intensa pastagem do gado no local, o que pode gerar um efeito oposto na estação seca, porque o pastejo pode prevenir o florescimento e subsequentemente a morte da pastagem, permitindo que a pastagem volte verde mesmo durante a estação seca.

Várias tentativas têm sido feitas para modelagem do balanço de energia nas pastagens Amazônicas. Baseado nos dados do projeto ABRACOS (Nobre *et al.*, 1997). Wright *et al.* (1996) recomenda o uso da modelagem simples da variação do IAF da pastagem usando um ciclo anual, tentando correlacionar com a estação seca o crescimento das plantas, modelos de senescência e mudanças no albedo. Viterbo and Beljaars (1995) e Garratt (1993), enfatizaram que o balanço de energia, bem como o calor latente e calor sensível, influenciam o desempenho dos modelos atmosféricos, pois estudos de modelagem dependem da acuracidade dos processos na superfície. Processos estes que estão diretamente ligados à formação do ecossistema local (e.g. Pastagem, Floresta, etc).

O método utilizado pode promover uma forte indicação da variação espacial e temporal, por outro lado não tem incorporação muito rápida nas mudanças da altura da vegetação, biomassa e IAF que pode ser influenciado no manejo das pastagens com o resultado da regular pastagem do gado, seguido do recrescimento novamente.

O presente estudo faz parte do Experimento de Grande Escala da Biosfera Atmosfera na Amazônia - LBA (Nobre *et al.*, 1997; Andreae *et al.*, 2002). Estas medidas mensais foram baseadas no protocolo utilizado no período de dois anos de dados do projeto ABRACOS (Gash *et al.*, 1996). As coletas deste trabalho foram medidas chave em relação ao clima, energia e fluxo de CO₂ coletados durante a estação chuvosa da "Atmospheric Mesoscale Campaign (AMC)" em 1999, para mudança regional do clima e modelagem do sequestro de carbono dentro do programa LBA (Andreae *et al.*, 2002).

Um dos alvos deste experimento é promover longa série de dados científicos e aumentar a capacidade de modelagem climática regional, bem como as influências climáticas sobre o uso da terra na Amazônia. No entanto este estudo contribuirá para o presente objetivo da primeira série contínua dos últimos seis anos de dados de 1999 a início de 2005, bem como dados da estação chuvosa em uma pastagem menos intensa de Rolim de Moura, Rondônia. Os dados amostrados destas pastagens foram os da altura, biomassa e IAF.

DESCRIÇÃO DO SÍTIO DE PESQUISA

A área de estudo situa-se na Fazenda Nossa Senhora – FNS, (10°45'44"S, 62°21'27" W) no município de Ouro Preto d'Oeste – RO, a 50 km noroeste de Ji-Paraná. O sítio de pesquisa está na maior área plana com pastagem da região, com aproximadamente 4 km² de área, tendo uma altitude de 220 m acima do nível do mar (Culf *et al.*, 1996). O solo é profundo até atingir a parte rochosa (7 m) e tem uma textura arenosa na superfície, aumentando a porcentagem de argila com a profundidade. A superfície tem sido compactada pelo gado, como indica a densidade do solo aparente que aumenta de 1,50-1,55 g cm⁻³ na superfície para 1,65 g cm⁻³ em 40 cm de profundidade e diminuindo com a profundidade para 1,46 g cm⁻³ até 100 cm. O solo tem formação rochosa possuindo fragmentos de quartzo e pedras. Na superfície o solo tem uma cor marrom escuro, mudando para marrom avermelhado com a profundidade. Traços do manganês ocorrem abaixo das profundidades de 2 a 3 m, o que se atribui a variação sazonal do lençol de água. Hodnett *et al.* (1996) classifica o solo como podzol vermelho-amarelo.

A floresta desta área foi removida e queimada em 1977, em seguida foram cultivados arroz, feijão e mandioca. E quando a produção agrícola na área teve um declínio através da degradação o solo, mudou-se no início da década de 80 para *Urochloa brizantha* (também conhecida como *Brachiaria brizantha*) (Nobre *et al.*, 1996), sendo esta pastagem queimada quatro vezes, a última em 1994. A pastagem é formada principalmente por 99% de *Urochloa brizantha* e com uma pequena contribuição de *Panicum maximum* e *Urochloa humidicula*.

As raízes da *Urochloa brizantha*, neste sítio, podem atingir uma profundidade de 3m, estas observações foram feitas utilizando um buraco no solo usando um AUGER (perfurador manual). O gado é mudado de pasto a cada 3 a 4 meses, através de um método de "rodízio de pastagem" do local, assim não desgastando a pastagem que utiliza uma média de 2 a 3 animais por hectare, o que mantém a vegetação para o período seco. Com este rodízio a cobertura vegetal não ultrapassa mais que 0,5 m de altura, não conseguindo atingir seu máximo.

Temperatura média anual variando entre 23 e 24°C, com eventos de friagem entre junho e julho, a precipitação média mensal de novembro a abril é 200 mm e de junho a agosto 20 mm, sendo inferior a 5 mm em julho (Nobre *et al.*, 1996). Oliveira *et al.* (2001) reporta que a precipitação anual para a região chegou a 2295 mm em 2000. A umidade relativa é de 80% para a estação chuvosa e 70% para a estação seca. Observou que o nível de água no solo atingiu entre 3 a 4 m de profundidade para período chuvoso e 6,5 m de profundidade para o período seco. Os ventos locais são predominantemente de norte durante todo ano, mas com eventos de sul em junho/julho associados à friagem (Zanchi *et al.*, 2002).

O sítio de Rolim de Moura (RDM) está localizado a 5 km do grande vale do rio Pedrinha (11° 42' S, 61° 46' W, 224 acima do nível do mar). O sítio de pesquisa pertencia à prefeitura de RDM, entretanto, a área havia sido invadida por famílias que a utilizavam para pecuária. No entanto, nesta pastagem era menos intenso o pastejo em relação à FNS. Caracterizada por uma pastagem mista de *Urochloa brizantha*, *Urochloa humidicula*, outras pastagens, arbustos e poucas palmeiras em uma área de 240 ha. O solo é mais profundo 2 m e possui uma fina textura em relação ao da FNS. O clima de RDM é muito similar a de Ouro Preto do Oeste. Não foi obtido o nível de água no solo para este sítio. As amostras em RDM foram exclusivamente durante a estação chuvosa de 1999 na campanha do AMC.

MATERIAL E MÉTODOS

Os processos para aquisição do IAF podem se feitos através dos métodos diretos e indiretos. Os métodos indiretos são caracterizados pelas medidas de radiação total que penetram no interior da cobertura vegetal, uma das maneiras de captação desta radiação é através de uma câmara digital acoplada a uma lente "olho-de-peixe", como descrito por Norman & Campbell (1998). Já neste estudo foi utilizado o método direto para aquisição dos dados para cálculo do IAF na pastagem da (FNS), conforme descrito por Roberts *et al.* (1996) e Waterloo (1994). Este é um processo que não é fácil de ser obtido, pois se caracteriza pela destruição da vegetação a ser analisada, no entanto é um dos processos mais confiáveis, por utilizar cálculos diretos sobre a quantidade de massa do vegetal analisado, não dependendo assim de radiação como recurso de análise e muito menos a influência das hastes no cálculo do IAF.

O IAF, SLA, quantidade de biomassa viva e material morto foram coletados em 5 pontos de 1 m² escolhidos aleatoriamente e amostradas uma vez por mês. Foram coletadas 300 amostras entre o período de fevereiro de 1999 a janeiro de 2005 na FNS. Neste período foram medidos também a porcentagem da cobertura vegetal, altura da pastagem e o nível de água no solo.

Para a amostragem, primeiramente foram feitas a retirada manual do material morto da área demarcada de (1 m²). O material removido foi acondicionado em sacola plástica, com boa vedação, evitando-se a perda de umidade da amostra. O material vivo restante foi cortado e caso haja outras espécies de vegetais que não seja a *Urochloa brizantha*, recolhe-se em outra sacola plástica, separando os espécimes uns dos outros. Todo este material foi pré-pesado no laboratório da Universidade Federal de Rondônia em Ji-Paraná logo após a amostragem e depois colocado para secar em uma estufa durante um período de 72 horas a uma temperatura de 80 °C, onde então estimou-

se sob uma nova pesagem, a quantidade de água que a planta possuía e o peso do material orgânico gerado.

Para a obtenção da fração do material vivo, material morto e peso da haste, foram amostradas aleatoriamente 20 plantas ao redor da área analisada (1 m²). Primeiramente cortaram-se rente ao solo, as plantas selecionadas obtendo assim a planta com todas as suas partes (folha verde, material morto e hastes). Este processo foi feito para todas as 5 amostras. Todas as plantas foram colocadas separadamente em sacolas plásticas e em laboratório as folhas vivas (verdes), partes mortas e hastes foram separadas. As hastes e o material morto foram secados e pesados, já as folhas verdes foram primeiramente desenhadas em uma folha de papel milimetrado para o cálculo da área, referenciando assim a área das folhas verdes de cada amostra de 20 plantas. Este material foi posto para secar e posteriormente pesado para assim gerar os valores de SLA.

Para calcular o IAF, utiliza-se primeiramente o cálculo da fração de folhas verdes das 20 plantas onde podemos conferir pela fórmula abaixo:

$$IAF = \frac{P_{FV}}{(P_{FV} + P_C + P_{MM}) * M_T * SLA / 10000}$$

IAF medido em m² de área do solo pela cobertura vegetal em m²; P_{FV} é o peso das folhas das 20 plantas (g); P_C é o peso do caule das 20 plantas (g); P_{MM} é o peso do material morto das 20 plantas; M_T Material morto total (kg ha⁻¹); SLA é a área específica da folha (m² kg⁻¹), (Roberts *et al.*, 1996; Waterloo *et al.*, 2002).

A cobertura e altura da vegetação foram obtidas através de um “transecto” de 100 m, em cada metro, foi medida a altura com uma fita métrica e a porcentagem de cobertura vegetal de forma empírica (indicado pelo amostrador que olhava o ponto medido e estipulava a porcentagem da quantidade de capim que cobria a área), estas medidas foram feitas uma vez por mês.

As medidas referentes ao nível de água no solo foram feitas através de um tubo (PVC) de 50 mm de diâmetro por 7 m de comprimento. Foram feitas medida uma vez por semana, possibilitando grande resposta a variação do lençol freático.

As variáveis meteorológicas foram obtidas através de uma torre micrometeorológica, instalada próxima ao local de coleta da biomassa. As variáveis coletadas foram: fluxo de energia, por radiômetros Kipp & Zonen (CM21 e CG1) (ondas curta incidente e refletida), onde foi determinado o Albedo através da razão entre a radiação de ondas curtas refletida pela incidente no período de fevereiro de 1999 a janeiro de 2005 nos horários locais de 10 – 14 horas. A precipitação foi medida por um pluviômetro (EM, ARG-100) (ver descrição detalhada do sítio em von Randow *et al.*, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

CARACTERÍSTICAS DA VEGETAÇÃO EM COMPARAÇÃO COM OUTROS RESULTADOS

Os valores apresentados pela Tabela 1 estão às variações da biomassa para os períodos de fevereiro de 1999 a janeiro de 2005, juntamente com os resultados obtidos por outros autores na FNS e para pastagem em RDM.

Notam-se diferenças nos resultados obtidos para cada técnica de medida utilizada. Para outros autores o IAF na FNS foi maior que o encontrado neste trabalho (2,0). Carruzo e Rocha, (2001) também encontraram valores maiores utilizando método indireto (olho-de-peixe), o período chuvoso da amostragem também corroborou para maiores estimativas, já que geralmente as pastagens têm suas maiores produtividades neste período do ano. Por outro lado, o método de câmera digital para a estimativa de IAF faz o cálculo do índice somando tanto as folhas como as hastes, isto pode ter contribuído para o maior índice.

Por outro lado, Roberts *et al.* (1996) utilizando o método direto (método aplicado neste estudo), encontrou valores maiores (-2,5). Uma possível explicação para o IAF ter esta diferença em relação ao estimado neste trabalho, seria o período de amostragem em 1992 e 1993, nestes anos a pastagem teria sido replantada recentemente incluindo também uma adubação da área e uma exposição menor ao pastejo que nos anos posteriores, assim uma maior IAF que o período atual.

Já nos dados de RDM a diferença pode estar na constituição da pastagem, pois a despeito da FNS, RDM há uma porcentagem menor de *Urochloa brizantha* (76%), e o restante de *Urochloa humidicula*, arbustos e palmeiras, assim o IAF em RDM foi mais reduzido, devido às características morfo-fisiológica da pastagem e também em não possuir uma homogeneidade, o que influenciou no desenvolvimento da mesma. Já que esta pastagem era uma área da prefeitura de RDM que na ocasião foi invadida por pequenos produtores, a área possuía muitos arbustos e palmeiras, caracterizada como uma área de abandono.

A variação percentual de material vivo, hastes e material morto foram de 29-53%, 37-46% e 12-24%, respectivamente, seus valores atingiram uma média anual de 2905 kg ha⁻¹ ano⁻¹ para o material vivo, o material morto foi 2194 kg ha⁻¹ ano⁻¹ para o peso total da *Urochloa brizantha* (Figura 1). Para *Urochloa humidicula* estas frações foram de 56%, 23% e 13% para o material vivo, hastes e material morto, respectivamente e com uma parte de 7% de plumas com sementes, dando um valor total médio de 90 kg ha⁻¹ ano⁻¹. O SLA da *Urochloa brizantha* foi similar em ambos os sítios, mas muito baixo o SLA para a *Urochloa humidicula*. Como a quantidade de biomassa e o IAF da *Urochloa humidicula*

Tabela 1 - Valores médios e desvio padrão do material morto (kg ha⁻¹), biomassa viva e total (kg ha⁻¹), SLA (m² kg⁻¹), IAF, cobertura (%) e Altura da pastagem, outras espécies (kg ha⁻¹) e profundidade do nível de água no solo (m) para a FNS durante o Período de janeiro de 1999 a janeiro de 2005, comparados com dados de outros trabalhos na região.

	FNS Média	FNS Desv. Padrão	RDM Média ¹	RDM Desv. Padrão ¹
Material Morto (kg ha ⁻¹)	2194	888	*	*
Biomassa Viva (kg ha ⁻¹)	2905	767	2823	*
Biomassa total (kg ha ⁻¹)	5195	1315	2823	*
SLA (m ² kg ⁻¹)	18,4	5	18	*
SLA (m ² kg ⁻¹) <i>Panicum maximum</i>	*	*	2,4	*
IAF FNS	2,0	0,79	1,5	
IAF FNS_Roberts et al. (1996)	2,4	1	*	*
IAF FNS_Carruzo & Rocha (2001)	2,6	0,77	*	*
Cobertura (%)	80	10,5	*	*
Altura da <i>Urochloa brizantha</i> (m)	0,15	0,04	0,31	*
Outras Espécies (kg ha ⁻¹)	90	120	818	*
Profundidade d'água no solo (m)	-5,4	0,94	*	*

¹ = Resultados de Waterloo et al. (2002)

* = Sem Dados

IAF FNS_Roberts et al. (1996) = Método destrutivo 1992-1993

IAF FNS_Carruzo & Rocha (2001) = Método Óptico Janeiro e Fevereiro de 1999

foram baixos, assim a *Urochloa brizantha* dominou o IAF em ambos os sítios.

Nota-se que durante os anos, há uma variação decrescente do material morto, e uma variação crescente para as folhas, já as hastes mantiveram-se constantes.

O padrão da Figura 2 sugere uma variação sazonal do material morto em comparação com a biomassa total, notando uma evolução temporal concorrente para todo período de medida. Pois há uma clara variação sazonal do material morto, cujo aumento dá-se no período seco, onde as plantas se tornam mais susceptíveis à perda de suas folhas. Aduan (1998) e Baruch e Fernández (1993), reportam que na estação seca, as plantas reduzem drasticamente sua área verde devido à sua alta sensibilidade estomática ao gradiente de pressão de vapor de água entre a superfície transpirante. Assim o material morto caracterizou-se por intensa variação sazonal, influenciando diretamente no aumento da biomassa total (Figura 2). Por outro lado o material vivo possuiu um ciclo sazonal bem definido, pois ele sugere uma variação direta com as mudanças do clima e variação da quantidade de água no solo.

Este padrão da Figura 2 sugere que o a intensidade do pastejo pode tanto diminuir como intensificar o crescimento da pastagem, notou-se esta diferença no período chuvoso de 2003, onde houve uma grande redução do pastejo na área, fazendo com que o material vivo aumentasse de 2500 para 3700 (kg ha⁻¹), influenciado pela ausência do gado na área.

Ao contrário do material morto, o vivo não teve padrão sazonal similar ao da biomassa total. As explicações seriam os ciclos sazonais bem definidos do material morto. Segundo Pedreira *et al.* (1998), as respostas biológicas que influenciam a adaptação, sobrevivência e crescimento de animais e

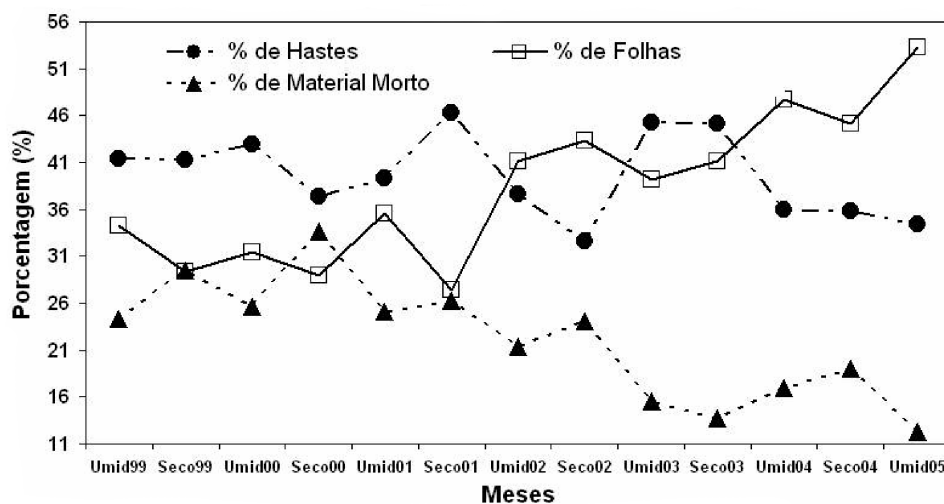


Figura 1 - Variação sazonal do percentual das folhas, hastes e material morto das 20 plantas para o período de janeiro de 1999 a janeiro de 2005 para FNS.

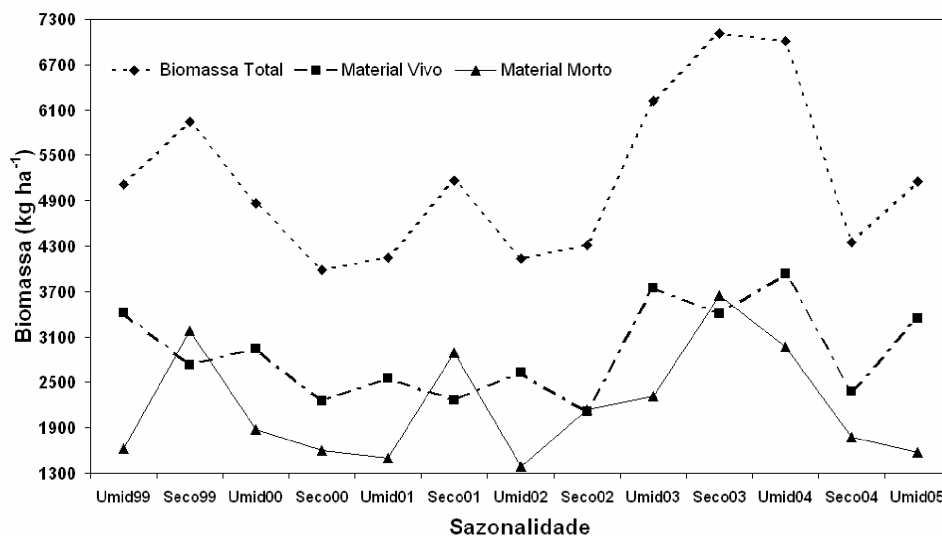


Figura 2 - Variação sazonal do material morto e vivo (kg ha^{-1}) comparado com a biomassa total (kg ha^{-1}) para todo o período de coleta na FNS.

plantas são funções diretas das variações físicas do ambiente (e.g. temperatura, luminosidade, disponibilidade de água e nutrientes). Sendo assim, possivelmente a vegetação responde diretamente ao evento de seca, reduzindo sua biomassa aérea e aumentando o material morto sobre o solo.

Sugerindo um padrão bem definido precipitação e nível do lençol freático durante as análises de fevereiro de 1999 a fevereiro de 2005, notou-se a variação de 1773 a 2295 mm na FNS (Figura 3). As variáveis de precipitação e nível de água no solo concorrem entre si aos padrões sazonais, como indica a profundidade de água no solo que responde aos períodos mais intensos de precipitação no local. Na evolução temporal da variação do nível de água no solo uma das características importantes no final das estações chuvosas, foi uma rápida diminuição do nível de água no solo no mês de abril para maio, já que em um mês o nível baixou cerca de $-1,5$ m. Esta abrupta diminuição dá-se ao próprio ecossistema, cuja exposição à radiação é intensa devido à baixa cobertura vegetal fazendo com que o solo perda facilmente umidade, pois como as plantas utilizam-se da água de camadas mais profundas, então há uma diminuição drasticamente já no mês de junho no lençol freático para $-6,5$ m.

A demonstração de quanto à cobertura vegetal é susceptível à variação de água no solo, pode também ser entendida através do IAF. Na Figura 4, o IAF na pastagem da FNS muda devido à variação de umidade no solo, isso decorre mais intensamente durante o período seco onde a vegetação força o fechamento dos estômatos, evitando assim a perda de água para o meio. Eigel (1971), Rolim (1980) e Villa Nova *et al.* (1999) reportam vários fatores que determinam a sazonalidade da produção de forragem, dentre os quais a temperatura do ar, a radiação

solar, o fotoperíodo e a umidade do solo são considerados os principais para a mudança fisiológica da vegetação.

Este fechamento modifica todo o seu metabolismo, o vegetal produz menos biomassa porque o nível de água no solo fica extremamente baixo, dificultando o acesso à água disponível as raízes (que não ultrapassam a $\sim 3,0$ m de profundidade). A mudança no IAF da pastagem é influenciada diretamente pela flutuação sazonal do nível de água no solo. Assim a variação sazonal do IAF correspondeu com a variação da biomassa viva (T-student teste com 99,9% de confiança) e sugeriu também médias significativamente mais altas durante a estação úmida (2,2) que durante a estação seca (1,7). Valores mensais do IAF variaram de 0,75 (2000 de agosto) após o pastejo do gado na estação seca e sem o pastejo o IAF foi a 5,1 (2004 de março).

A dispersão na Figura 5 sugere abrupto decréscimo na altura da *Urochloa brizantha* nos eventos úmidos dos anos de 2001 e 2002, não mostrando muita diferença para os períodos secos, assim reforçando uma possível relação com o período prolongado que o gado permaneceu na área e uma menor precipitação local no período seco de 2001 a 2002. Pois, Pereira *et al.* (1966) avaliou um ambiente de Cerrado e notou que o desempenho de dez gramíneas para capineiras, a irrigação efetuada no inverno produziu aumento de produção de matéria seca correspondente a 70% sobre a pastagem estudada. Já no período seco de 2003 a pastagem esteve mais baixa de todos os anos, o que pode ter sido a intensa presença do pastejo em um período de pouca chuva nos meses de estiagem, pois o nível de água no solo médio estava mais baixo que nos anos anteriores. Por outro lado, no início do período chuvoso de 2003 a precipitação foi maior

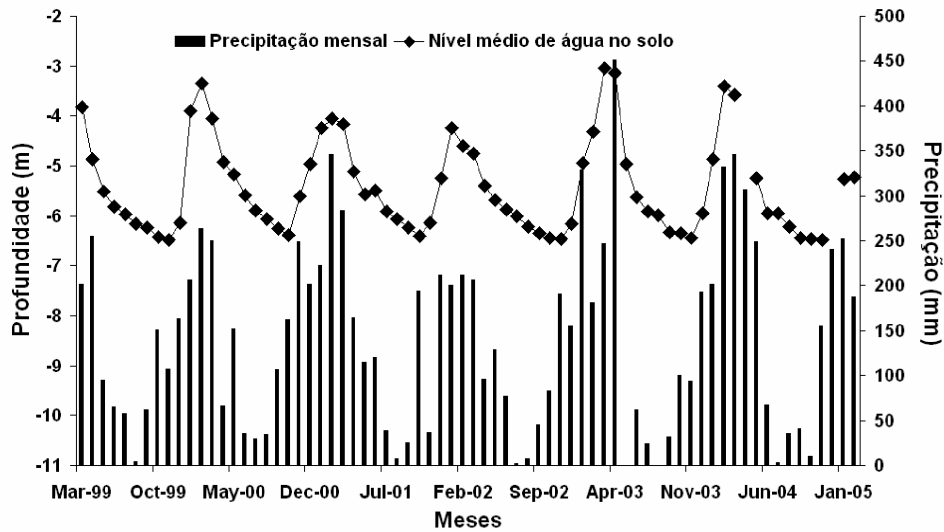


Figura 3 - Média da série temporal da precipitação em (mm) e do nível do lençol freático (m) entre janeiro de 1999 a janeiro para FNS.

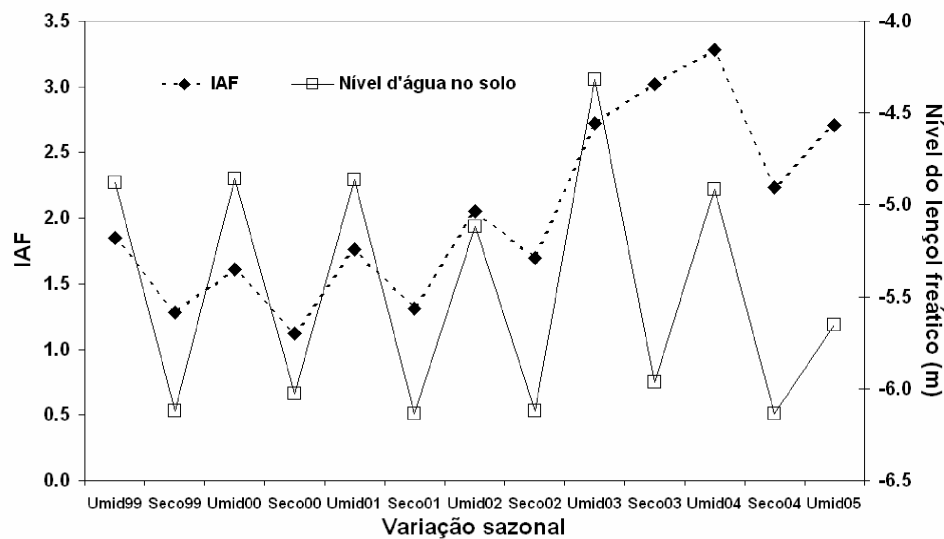


Figura 4 - Variação média sazonal do IAF e variação média da profundidade do nível do lençol freático (m) no período de janeiro de 1999 a janeiro de 2005 na FNS.

(ver Figura 1 e 4), e a altura da pastagem atingiu no final da estação chuvosa, cerca de $\sim 0,34$ m. Neste período houve uma possível ação conjunta tanto dos processos climáticos, como o baixo pastejo. Este baixo pastejo foi devido ao Rodízio de pastagem que o proprietário da fazenda utilizou para não sacrificar além do que já estava neste período (agosto/2000). No entanto Rodrigues, (2004), reporta para pastagens de *Urochloa brizantha*, um rápido crescimento, com cerca de 28 dias a produção de massa pode atingir de 3 a 6 toneladas de massa seca ao ano. Possivelmente este rápido crescimento esteja ligado a grande de disponibilidade de água, baixo pastejo

e fertilização do pasto, sendo que o IAF também aumentou rápido neste período (1,5 para $\sim 3,0$).

Os dados também tiveram uma diminuição em junho de 2004, mas neste período até agosto não havia a presença de gado na área, e sim somente barreiras climáticas naturais ao desenvolvimento da pastagem, no entanto nota-se que em setembro de 2003 o pasto teve uma forte diminuição e manteve-se a uma altura de 0,14 m até final de janeiro de 2005, relacionado assim a constante presença de pastejo na área amostrada.

Resultados do trabalho de 1992 a 1993 obtidos por Roberts *et al.* (1996) para a FNS, foram similares aos resultados do presente estudo. A técnica utilizada para aquisição do IAF foi a mesma (destrutivo). O autor utilizou para no cálculo do IAF, o caule da *Urochloa brizantha*, para simples correção do valor ele obteve 16-19% do caule no IAF total, encontrando respectivamente, os seguintes resultados: no período seco, em agosto de 1992 IAF = $1,55 \pm 0,72$ e setembro de 1992 IAF = $1,66 \pm 0,52$, para o período chuvoso em abril de 1993 IAF = $3,90 \pm 1,02$ e junho de 1993 IAF = $2,55 \pm 0,78$ (Figura 6).

Carruzo e Rocha (2001) utilizaram o método “indireto” que para a estimativa do IAF a coleta é feita por uma câmera digital acoplada a uma lente “olho-de-peixe”. O valor médio do IAF foi igual a 2,6 no período amostrado (chuvoso). Waterloo *et al.* (2002), analisou a pastagem no município de Rolim de Moura, RO (RDM), a 95 km de Ji-Paraná. Ele coletou 8 amostras no mês de fevereiro de 1999, obtendo um IAF médio igual a 1,5. Este valor foi próximo ao da FNS, para o mesmo período que em 5 amostras analisadas o IAF médio foi igual a 1,8, sugerindo ser similar os dois resultados para este período. Mesmo esta pastagem sendo composta principalmente por somente 76% de *Urochloa brizantha*.

Durante a análise estatística da biomassa da pastagem, a dispersão dos valores de máximo/mínimo, as maiores variações obtidas foram no final da estação chuvosa (março e abril) e no final da estação seca (setembro e outubro). Esta maior variação para o período chuvoso foi devido à diferença da grande

quantidade de biomassa e da altura da pastagem em 2003 em relação aos outros anos (ver Figura 2 e 5). Já no período seco os valores corroboram com uma grande quantidade de biomassa no ano de 2001 e uma extrema baixa no ano de 2002 (Figura 7).

E como era esperado o mesmo ocorreu com os dados de 20 plantas e o IAF, cujos máximos/mínimos também refletiram no mesmo período de análise da biomassa (Figura 8).

A conversão de floresta em pastagem resulta em um novo equilíbrio com baixo estoque de carbono, estas perdas ocorrem em pequenas quantidades no tempo (Davidson *et al.* 1993). Houghton *et al.* (1987) assume que a conversão de floresta tropical em pastagem deve perder cerca de 25% do estoque de carbono em profundidade de 1 m. Outros resultados similares foram encontrados por Eden *et al.* (1991), reportando um declínio de 50% da concentração de carbono do solo da pastagem em 11 anos de uso na fazenda Suiá Missu, Mato Grosso e um declínio de 15% em 12 anos de uso da pastagem em uma ilha em Roraima. Por outro lado, Moraes *et al.* (1996) e Neil *et al.* (1996) reportam para uma pastagem em Rondônia na Fazenda Nova Vida (executa rodízio na pastagem) o estoque de carbono entre 0 e 0,30 m de profundidade aumentou durante longo tempo de medidas. No entanto, as variações na Figura 9 tiveram dispersões sazonais. Mas a maior influência encontrada na variação durante os 5 anos de medida vem da intensificação/diminuição do pastejo. Fearnside, (1989), reportou que nesta mesma pastagem, as

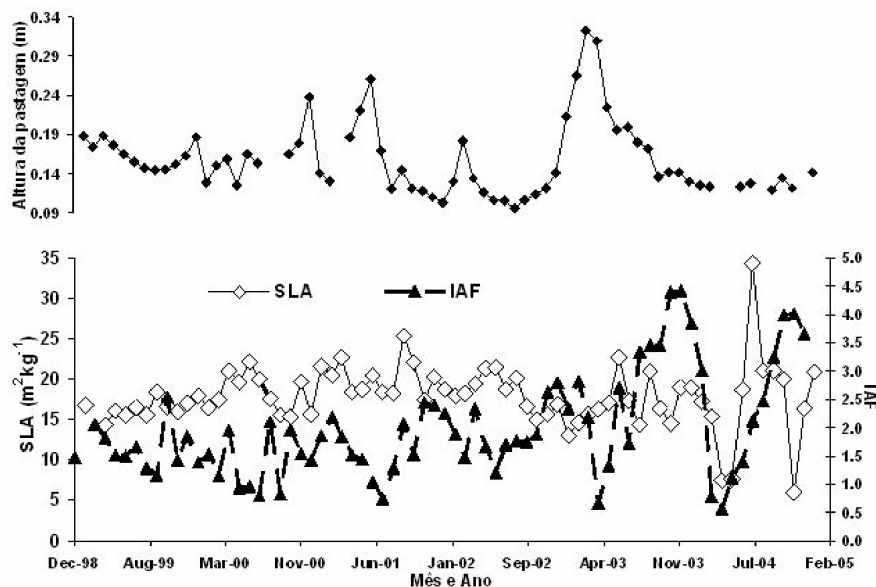


Figura 5 - Média mensal da altura da pastagem (m), juntamente com o índice foliar específico ($m^2 kg^{-1}$) e índice de área foliar para o período de janeiro de 1999 a janeiro de 2005.

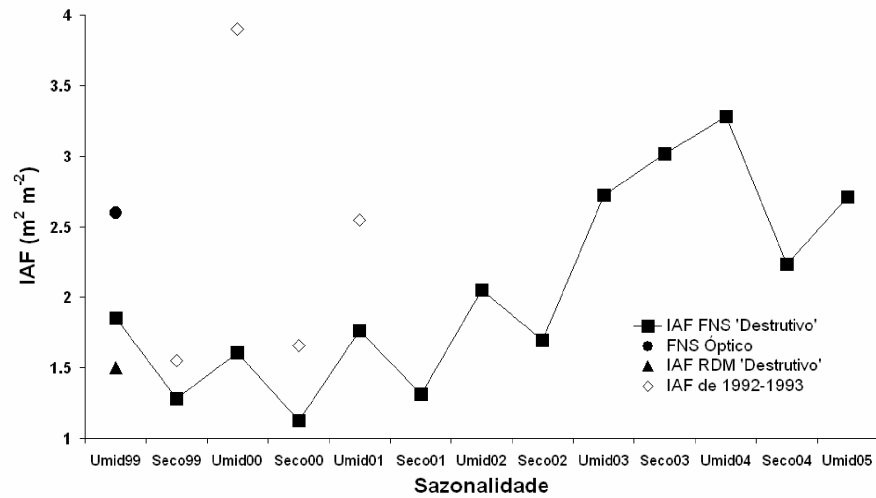


Figura 6 - Variação sazonal do IAF da FNS comparada com outros autores e diferentes métodos de amostragem: método destrutivo e método óptico, ambos amostrados em períodos diferentes.

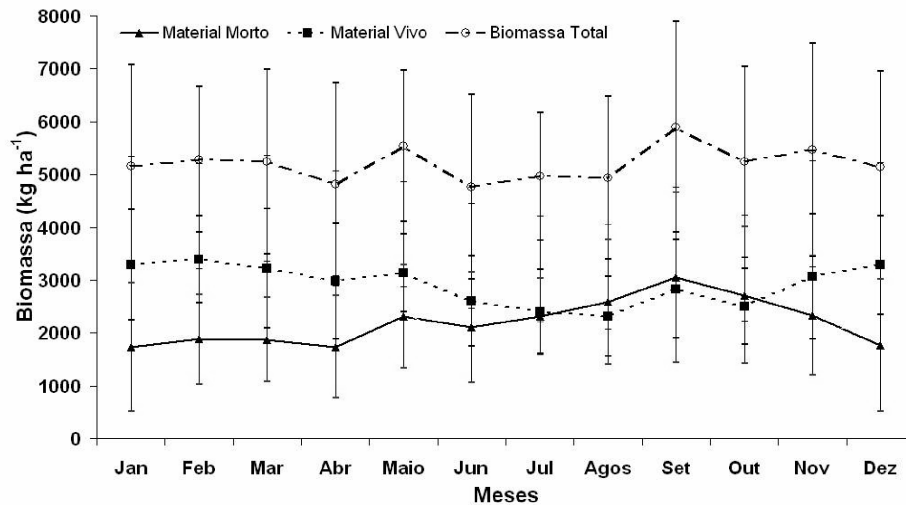


Figura 7 - Média mensal e valores de máximos/mínimos da biomassa viva, morta e total (kg ha⁻¹) durante o período de janeiro de 1999 a janeiro na FNS

medidas da produtividade da *Urochloa brizantha* indicaram que em 12 anos a pastagem produziu metade do peso de seu material seco anual, isto comparada com uma pastagem de três anos de idade.

Nesta Figura 9 não foi notado um aumento ou uma diminuição da biomassa por motivos naturais durante o tempo amostrado, mas em comparação com os anos de 1992 amostrados por Roberts *et al.* (1996), o IAF foi mais expressivo

que os valores atuais. E por simples extrapolação em relação à porcentagem de IAF dos anos de 1992, aos resultados atuais (média dos últimos 5 anos) teria um decréscimo de 1013,7 kg ha⁻¹ em relação aos dados anteriores. O que pode estar ligado a uma drástica diminuição do fósforo e/ou outros elementos do solo, além da compactação do pisoteio do gado no solo e pela exposição direta da ação das chuvas e do sol como sugere Fearnside (1989). Pois no período de 1992 não

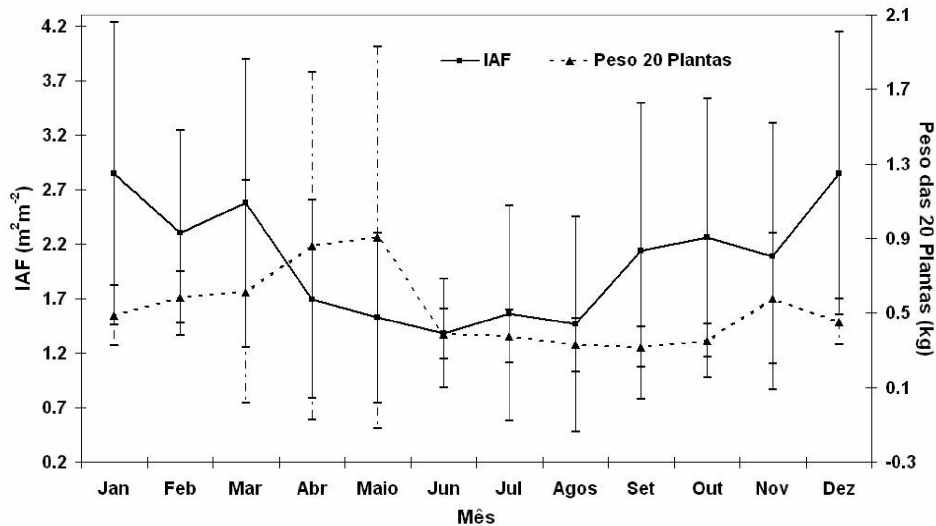


Figure 8 - Média mensal e valores de máximos/mínimos do IAF e do peso de 20 plantas (kg) amostradas aleatoriamente a área demarcada das medidas.

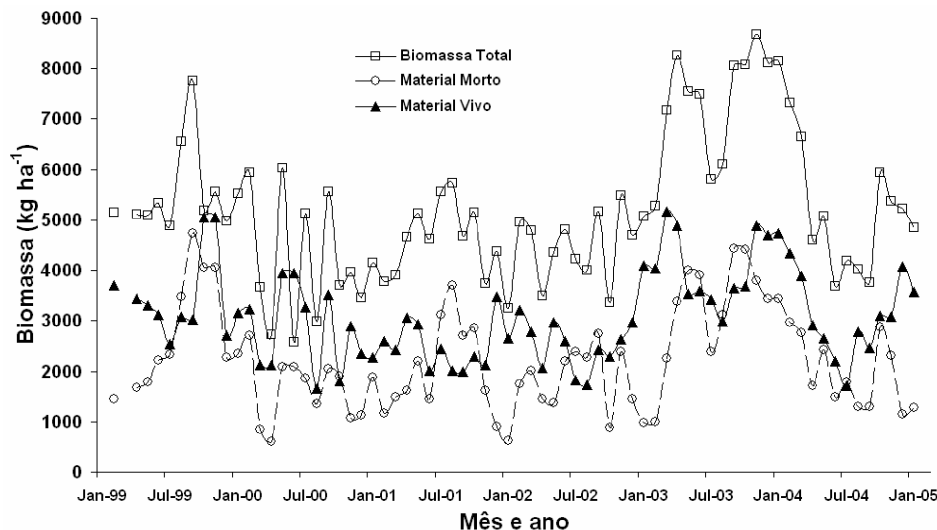


Figura 9 - Variação mensal da biomassa viva, do material morto e da biomassa total, para o período de fevereiro janeiro de 1999 a janeiro de 2005 na FNS.

existiu pastejo do gado assim os valores foram superiores aos deste trabalho.

FLUXO DE ENERGIA INFLUENCIADO PELA MUDANÇA NA VEGETAÇÃO

O padrão da correlação direta do Índice de Área Foliar (IAF) pelo albedo médio diurno Figura 10. As variações do Índice de Área Foliar tiveram relação direta ao albedo, notou-se satisfatória correlação do índice de vegetação que mudou

à absorção/reflexão dos fluxos de energia em função das mudanças sazonais. Como esperado houve uma concorrência contrária do albedo em relação ao IAF justificado pela maior absorção da radiação no período chuvoso, característica de um maior crescimento da cobertura vegetal.

A menor absorção da radiação para o período seco resultou na diminuição da quantidade de folhas verdes e aumentou a quantidade de material morto, ocasionado pelo déficit de água no solo. Assim, corroborando para uma maior reflexão da

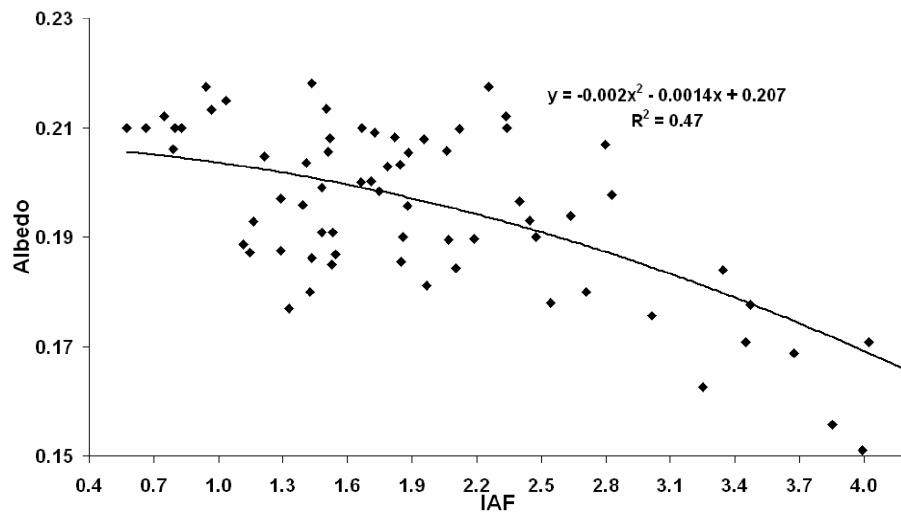


Figura 10. Correlação do IAF e Albedo médio diurno para os valores sazonais medidos durante o período de janeiro de 1999 a janeiro 2005 na FNS.

radiação pela cobertura vegetal que estava menos verde e mais amarelada. Nota-se que às variáveis têm respostas diretamente proporcionais, pois quando há uma maior cobertura vegetal o albedo é menor, e para uma cobertura menor ou não muito verde o albedo é maior.

O albedo para solo desnudo tem seu valor na literatura por volta de 0,30 e notamos que para os valores obtidos neste estudo, quanto mais baixo o IAF vai tornando-se mais o albedo se aproxima do seu valor para solo desnudo.

CONCLUSÕES

O IAF foi muito regular durante os 5 anos de medida, quando comparado a outros autores os valores obtidos foram inferiores aos obtidos por Roberts *et al.* (1996) (2,6) e Carruzo e Rocha (2001) (2,4). Mediante esta diferença, Roberts *et al.* (1996), aconselha a inclusão do caule para o cálculo final do IAF. O que ajustaria assim melhor a estimativa obtida por ele. Mas por outro lado os valores obtidos por eles podem ser considerados não tão importante para o presente estudo, devido às condições da pastagem em 1992 ter sido recentemente plantada e não havia pastejo, por isso os dados tiveram uma grande diferença mostrando serem.

O cálculo com o aumento de 16-19% referentes ao caule aumentaria o IAF de 1,7 para 2,0, assim aumentando a estimativa do cálculo do IAF para a Fazenda Nossa Senhora, desta forma aproximando do resultado de Carruzo e Rocha (2001).

A Biomassa durante todo o período de amostragem sugeriu que varia sazonalmente, mas de certa forma quando

o gado esta sobre a área, ele pode influenciar fortemente nas características morfológicas da vegetação, sendo que com 3 cabeças por ha, o pasto chegou a seu extremo, suportando a variação sazonal com uma altura de 0,14 m, cuja altura influenciaria diretamente nas trocas de energia e gás do ecossistema e atmosfera.

Durante os anos amostrados por simples inspeção visual a Figura 9, concluiu-se que não houve diminuição/aumento da produção da biomassa a longo dos anos amostrados. Notou-se que houve variações sazonais aos períodos amostrados, mas os valores de produção total de biomassa foram de ~5500 (kg ha⁻¹) nos anos de 1999 a 2004, com uma quantidade maior de biomassa no ano de 2003, com ~6300 (kg ha⁻¹), mas esta diferença foi governada por ausência de pastejo na área, o que indica que os valores estão sendo influenciados também por fatores independentes ao naturais (empobrecimento do solo, luz, água e nutrientes).

A relação entre o fluxo de energia demonstrou ser representativo comparado a variação da vegetação, onde a cobertura de pastagem tropical pode e deve ser utilizada como índice para análises climáticas locais. As mudanças no Índice de Área Foliar e Biomassa refletiram diretamente a variação de água disponível no ambiente. O que denota uma relação forte da sazonalidade nos dados.

O albedo respondeu diretamente a variação do IAF para todo o período de medidas, apesar do R² = 0,38 não ter sido alto, mas a relação foi clara, mostrando que esta relação ser importante para modelos que utilizam o balanço de energia em relação à cobertura vegetal.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos Fomentos de Pesquisa CAPES, CNPq e aos Projetos EUSTACH-LBA e CARBONSINK-LBA pelo suporte financeiro dado ao projeto durante o período de coleta de dados. A Universidade Federal de Rondônia pelo presente esforço em cooperar nas análises juntamente ao Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia – LBA, e um especial agradecimento ao proprietário da Fazenda Nossa Senhora, Sr. Afonso Pereira Andrade que cedeu a área para a pesquisa.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Aduan, R. E. 1998. *Relações hídricas de duas gramíneas nativas e uma introduzida no cerrado e sua conexão com as conseqüências da substituição do estrato herbáceo*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Ecologia. Universidade de Brasília. 58p.
- Andreae, M.A.; de Almeida S.S.; Artaxo, P.; Brandão, C.; Carswell, F.E.; Ciccioli, P.; Culf, A.D.; Esteves, J.L.; Gash, J.H.C.; Grace, J.; Kabat, P.; Lelieveld, J.; Malhi, Y.; Manzi, A.O.; Meixner, F.X.; Nobre, A.D.; Nobre, C.A.; de Lourdes Ruivo, M.A.; da Silva Dias, M.A.F.; Stefani, P.; Valentini, R.; von Jouanne, J. and Waterloo, M.J. 2001. Towards na understanding of the biogeochemical cycling of carbon, water, energy, trace gasses and aerosols in Amazonia: The LBA-EUSTACH experiments, *J. Geophys. Res.*
- Ashby, M. 1999. Modelling the water and energy balances of Amazonian rainforest and pasture using Anglo-Brazilian Amazonian climate observation data. *Agricultural and Forest meteorology*, 94, 79-101.
- Baruch, Z.; Fernández, D. S. 1993. Water relations of native and introduced C4 grasses in a neotropical savanna. *Oecologia* 96:179-185.
- Carruzo, A.; Rocha, H. R. 2001. Estimativa do Índice de Área Foliar (IAF) em Regiões de Pastagem e Floresta com um método indireto ('gap fraction') durante o Experimento AMC/LBA-, *Congresso brasileiro de meteorologia*., p. 2478-2485.
- Culf, A.D.; Esteves, J.L.; Marques Filho, A. de O.; Rocha, H.R. 1996. Radiation, temperature and humidity over forest and pasture in Amazonia. *In: J.H.C. Gash, C.A. Nobre, J.M. Roberts and R.L. Victoria (Eds). Amazonian Deforestation and Climate*, J. Wiley and Sons, New York, p.175-192.
- Davidson, E.A.; Nepstad, D.C.; Trumbore, S.E. 1993. Soil carbon dynamics in pastures and forests of the eastern Amazon. *Bull. Ecol. Soc. Am.* 74-2, 208.
- Eagle, C.F. 1971. Effect of photoperiod on vegetative growth in two natural population of *Dactylis glomerata* L. *Annals of Botany*, v. 35, p. 75-6.
- Eden, M.J.; Furley, P.A.; McGregor, D.F.M.; Milliken, W.; Ratter, J.A. 1991. Effect of forest clearance and burning on soil properties in northern Roraima, Brazil. *For. Ecol. Manage.* 38, 283–290.
- FAO. www.fao.org (03 ago. 2004).
- Fearnside, P.M. 1989. Ocupação Humana de Rondônia: Impactos, Limites e Planejamento. Relatórios de Pesquisa No. 5, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasília, DF, Brazil. 76 pp.
- Garratt, J.R. 1992. Sensitivity of Climate Simulations to Land-Surface and Atmospheric Boundary-Layer Treatments-A Review. *Journal of Climate*. Vol. 6, No. 3, pp. 419–448.
- Gash, J.C.; Nobre, C.; Roberts, J.; Victoria, R. 1996. Na overview of ABRACOS, *In: J.H.C. Gash, C.A. Nobre, J.M. Roberts and R.L. Victoria (Eds). Amazonian Deforestation and Climate*, J. Wiley and Sons, New York, p 1-14.
- Houghton, R.A.; Boone, R.D.; Fruci, J.R.; Hobbie, J.E.; Melillo, J.M.; Palm, C.A.; Peterson, B.J.; Shaver, G.R.; Woodwell, G.M. 1987. The flux of carbon from terrestrial ecosystems to the atmosphere in 1980 due to changes in land use: geographic distribution of the global flux. *Tellus* 1–2, 122–139.
- Moraes, J.F.L.; Volkoff, B.; Cerri, C.C.; Bernoux, M. 1996. Soil properties under Amazon forest and changes due to pasture installation in Rondônia, Brazil. *Geoderma* 70, 63–81. ^
- Neill, C.; Fry, B.; Melillo, J.M.; Steudler, P.A.; Moraes, J.F.L.; Cerri, C.C. 1996. Forest and pasture-derived carbon contributions to carbon stocks and microbial respiration of tropical pasture soils. *Oecologia* 107, 113–119.
- Nobre C. A.; Fisch, G.; Rocha, H. R.; Lyra, R.F.F.; Rocha, E.P.; Costa, A.C.L.; Ubarana, V. N. 1996. Observation of the atmospheric boundary layer in Rondônia *In: J.H.C. Gash, C.A. Nobre, J.M. Roberts and R.L. Victoria (Eds). Amazonian Deforestation and Climate*, J. Wiley and Sons, New York, p.413-424.
- Oliveira, P.J.; Fisch, G.; Randow, C.; Kruijt, B.; Manzi, A O.; Zanchi, F.B.; da Silva, R.L. 2001. Variabilidade Temporal da Precipitação em Áreas de Floresta em Rondônia. *XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – III Reunião Latino Americana de Agrometeorologia : Água e Agrometeorologia no novo Milênio*. Anais I 263-264, Fortaleza-CE, Julho.
- Pedreira, C.G.S.; Nussio, L.G.; da Silva, S.C. 1998. Condições edafoclimáticas para a produção de *Cynodon* sp. *In: Simpósio Sobre Manejo de Pastagem*, 15. Piracicaba, Anais. FEALQ, p 85-113.
- Pereira, R.M.A.; Sykes, D.J.; Gomide, J.A.; Vidigal, G.T. 1966. Competição de 10 gramíneas para capineiras, no cerrado, em 1965. *Revista Ceres*, v.13, p.141-153
- Roberts, J. M.; Cabral, O.M.R. and Aguiar, L. F. 1990. Stomatal and boundary-layer conductances in an Amazonian *terra firme* rain forest. *J. Appl. Ecol.* 27, 336-353.
- Roberts, J.M.; Cabral, O.M.R.; da Costa, J.P.; McWilliam, A.L.C. and de Sá, T.D. 1996. Na Overview of the Leaf Area Index and Physiological Measurements during ABRACOS, *In: J.H.C. Gash, C.A. Nobre, J.M. Roberts and R.L. Victoria (Eds). Amazonian Deforestation and Climate*, J. Wiley and Sons, New York p. 287-305.
- Rodrigues, D. C., 2004. Produção de forragem de cultivares de *Brachiaria Brizanta* (hochst. Ex. Rich.) Stapf e modelagem de resposta produtiva em função de variáveis climáticas. Piracicaba, Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 94p.

- Rolim, F.A. 1980. Estacionalidade de produção de forrageiras. In: Simposio Sobre O Manejo Da Pastagem., 6., Piracicaba, Anais. Piracicaba, FEALQ, p. 39-1.
- Villa Nova, N.A.; Barioni, L.G.; Pedreira, C.G.S.; Pereira, A.R., 1999. Modelo para previsão da produtividade do capim elefante em função da temperatura do ar, fotoperíodo e frequência de desfolha. *Rev. Bras. Agromet.* v.7, p.75-79.
- Viterbo, P. and Beljaars, A.C.M. An Improved Land Surface Parameterization Scheme in the ECMWF Model and Its Validation. *Journal of Climate*: Vol. 8, No. 11, pp. 2716–2748.
- Waterloo, M.J., 1994. Water and nutrient dynamics of *Pinus caribaea* plantation forests on former grassland soils in SW Viti Levu, Fiji., June, Ph.D. thesis, Vrije Universiteit Amsterdam, The Netherlands, 478 pp.
- Waterloo, M.J.; Rocha, H.R.; Bink, N.J.; Oliveira, P.J.; Silva, R.L.; Zanchi, F.B.; Holweda, F.; Freitas, H.C.; Carruzo, A.; Gomes, B.M.; and Kabat, P. 2002. Above-ground Biomassa and Leaf Area Index in Rondônia, *II Conf. do LBA*.
- Zanchi, F. B.; Gomes, B. M.; Randow, C.; Kruijt, B.; Manzi, A. O. 2002. Medições dos fluxos de dióxido de carbono e estimativa do “fetch” (área de influência) em pastagem e floresta em Rondônia. *1º Congresso de Estudantes do LBA*, ciclagem e armazenamento do Carbono, p. 13.
- Zuloaga, F.O. & Morrone, O. 1992. *Panicum mystasipum* (Poaceae: Panicoideae: Paniceae), una nueva especie para el Brasil. *Iheringia* 42: 13-23.

Recebido em 10/12/2005

Aceito em 16/02/2009

