

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO
DA BIODIVERSIDADE

RELAÇÕES ENTRE ABERTURA DE DOSSEL E VARIÁVEIS
MICROCLIMÁTICAS EM UMA FLORESTA TROPICAL ÚMIDA

JOSAFÁ AMARAL DE OLIVEIRA FILHO

ILHÉUS – BAHIA

2012

O49 Oliveira Filho, Josafá Amaral de.
Relações entre a abertura de dossel e variáveis microclimáticas em uma floresta tropical úmida / Josafá Amaral de Oliveira Filho. – Ilhéus : UESC, 2012.
Xxfl. ; il.
Orientador: Marcelo Schramm Mielke.
Co-orientadora: Daniela Custódio Talora.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade.
Inclui referências.

Mata atlântica – Bahia (Sul). 2. Reflorestamento - Bahia (Sul). 3. Desmatamento – Efeito da temperatura – Bahia (Sul). 4. Desmatamento – Efeito da umidade – Bahia (Sul). I. Mielke, Marcelo Schramm. II. Talora, Daniela Custódio. III. Título.

CDD – 634.977

JOSAFÁ AMARAL DE OLIVEIRA FILHO

RELAÇÕES ENTRE ABERTURA DE DOSSEL E VARIÁVEIS
MICROCLIMÁTICAS EM UMA FLORESTA TROPICAL ÚMIDA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade da Universidade Estadual de Santa Cruz como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ecologia e Conservação da Biodiversidade.

Orientador: Drº Marcelo Schramm Mielke

Co-orientador: Drª Daniela Custódio Talora

ILHÉUS – BAHIA

2012

JOSAFÁ AMARAL DE OLIVEIRA FILHO

RELAÇÕES ENTRE ABERTURA DE DOSSEL E VARIÁVEIS
MICROCLIMÁTICAS EM UMA FLORESTA TROPICAL ÚMIDA

Comissão examinadora:

Dr Marcelo Schramm Mielke

(UESC)

Dr Eduardo Mariano Neto

(UFBA)

Dr Rogério Ferreira Ribas

(UFRB)

Dr Daniel Piotto

(IESB)

Sem sombra de dúvida, dedico a minha
família...

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todas pessoas que me ajudaram, de forma ativa ou não, na realização deste trabalho.

Sinto que mesmo depois de dedicado esta dissertação a eles, tenho que agradecer de forma direta:

... Aos meus pais, que acreditaram, incentivaram e cobraram sempre que foi preciso (acho que muitas vezes!!) mas sempre depositaram toda a confiança em mim;

... a todos os familiares, tios, tias e primos que torceram e acreditaram na conclusão deste curso.

... em especial a uma mulher incrível (Eliana Cazetta) que vive ao meu lado me ajudando incondicionalmente e vem me proporcionando os momentos mais felizes de minha vida, além de me permitir ser Pai de “em breve” de mais um filho.

Obrigado, “Minha Linda”.

... agradeço a meu filhote (Pedroca), por me desejar “bom trabalho, papai!!!” todos os dias durante a elaboração dessa dissertação com o sorriso mais iluminado do mundo, me dando força para começar mais um dia.

... agradecimentos não apenas ao Orientador, mas também ao amigo Marcelo Mielke, pela paciência e pelas valorosas contribuições para a conclusão desta dissertação.

...agradecimentos a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela concessão de bolsa de estudo (BOL0243/2010).

... agradecimentos ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade (PPGECB), e *seus professores* por toda dedicação no processo constante de melhoria do Programa e por me fazer ter certeza que fiz a escolha certa.

Enfim... obrigado!!!

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -Descrição dos locais estudados dentro do Parque Estadual da Serra do Conduru (PESC)	27
Tabela 2 - Abertura do dossel (ABTOT) nos três locais (Plantio, Capoeira e Mata), entre março e novembro de 2011. Valores médios \pm desvio padrão. Médias seguidas de letras distintas (maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical) diferem entre si ($p \leq 0,05$).	27
Tabela 3 - Comparação das variáveis microclimáticas relacionadas a temperatura do ar e do solo de cada local entre os maiores e menores valores de ABTOT (AB e FC) durante a primeira campanha. Valores médios \pm desvio padrão. Médias seguidas de letras distintas (maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical) diferem entre si ($p \leq 0,05$).....	28
Tabela 4 - Comparação das variáveis microclimáticas relacionadas a temperatura do ar e do solo de cada local entre os maiores e menores valores de ABTOT (AB e FC) durante a segunda campanha. Valores médios \pm desvio padrão. Médias seguidas de letras distintas (maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical) diferem entre si ($p \leq 0,05$)	28
Tabela 5. Análise de componentes principais de variáveis microclimáticas (apenas fatores maiores que 0,5 foram apresentados)	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Precipitação pluviométrica no período de março a novembro de 2011 (Dados SINDA-INPE)	30
Figura 2 Acompanhamento da variação mensal dos valores percentuais máximos e mínimos da abertura de dossel ao longo dos nove meses de coleta de dados no plantio (a), na Capoeira (b) e na mata (c). Valores máximos de abertura de dossel no início (losango preto) e no final da coleta de dados (losango cinza). Valores mínimos de abertura de dossel encontrados no início (triângulo preto) e no final da coleta de dados (triângulo cinza).	31

SUMÁRIO

RESUMO.....	01
INTRODUÇÃO.....	02
MATERIAIS e MÉTODOS	05
Área de Estudo.....	05
Dados Estruturais e Microclimáticos	05
Análise de Dados	07
RESULTADOS	08
Estrutura do Dossel	08
Microclima	09
Relação entre abertura de dossel e variáveis microclimáticas	10
DISCUSSÃO	10
LITERATURA CITADA	15

RELAÇÕES ENTRE ABERTURA DE DOSSEL E VARIÁVEIS MICROCLIMÁTICAS EM UMA FLORESTA TROPICAL ÚMIDA

Josafá Amaral de Oliveira Filho^{1,2}, Marcelo Schramm Mielke¹, Daniela Custódio Talora¹

¹ Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz, Rodovia Ilhéus/Itabuna km 16, Ilhéus, BA , 45650-000, Brazil

² Autor para correspondência: josa_oliveira@hotmail.com

Resumo O estudo foi conduzido em uma floresta tropical úmida no sul da Bahia - Brasil, onde foram selecionadas três locais em diferentes estádios de regeneração, uma área de reflorestamento (Plantio), uma capoeira em estágio avançado e uma floresta madura, nesses locais foi testada a hipótese de que o estágio sucessional afeta condições microclimáticas no interior da floresta, sendo que o diferencial desta proposta foi a inclusão de uma área reflorestada com espécies nativas. As informações geradas com esse trabalho podem ser utilizadas tanto para o estabelecimento de um manejo da regeneração natural, quanto para estudos sobre mudanças climáticas em função do desmatamento. Em cada local foram realizadas coletas de dados mensais de abertura do dossel (ABTOT) através de fotografias hemisféricas. Sensores de temperatura e umidade relativa do ar e temperatura do solo foram instalados nos três locais, em duas campanhas intensivas. Foram mensurados os valores máximos, médios e mínimos da temperatura do ar e do solo e valores médios e máximos de déficit de pressão de vapor (DPV). Foi possível observar que as áreas de mata e de capoeira se assemelham entre si, apresentando em média um dossel relativamente fechado, porém se diferenciando significativamente uma da outra em alguns aspectos microclimáticos e se diferenciaram quase que completamente do Plantio. Com base nos resultados de comparação entre os ambientes foi possível concluir que o gradiente de regeneração e a variação climática existente nos locais onde o trabalho foi executado sofrem efeitos diretos da ABTOT, que as variáveis microclimáticas foram mais dependentes dos

locais do que dos valores máximos e mínimos de ABTOT de cada local e que a ABTOT é um bom indicador para a obtenção de dados sobre as variáveis microclimáticas do ambiente e deve ser considerado quando os tratamentos de restauração florestal em escala da paisagem estão sendo planejados e implementados.

Palavras-chave: Floresta Atlântica, Reflorestamento, Sucessão Florestal, Temperatura, Umidade.

Introdução

Informações sobre o microclima florestal, particularmente visando comparar áreas com diferentes graus de influência antrópica, são importantes para analisar as modificações ambientais provocadas pela retirada total e/ou parcial da floresta, bem como para indicar estratégias para a restauração de florestas que sofreram diferentes níveis de impacto. Tais informações são de grande importância para que possa ser estabelecido um sistema de manejo mais adequado para o reflorestamento ou a reintrodução de espécies que sofreram o corte seletivo (Holl, 1999; Siqueira *et al.*, 2004; Fearnside, 2006; Lhotka & Loewenstein, 2008).

Além dos aspectos topográficos, como a inclinação do terreno e a proximidade de corpos d'água a estrutura do dossel florestal (cujos componentes são: ramos, galhos, folhas, troncos, flores e frutos) é um dos fatores que afeta consideravelmente o microclima da floresta. Em florestas tropicais, em especial, a heterogeneidade microclimática pode ser diretamente influenciado pelo dossel florestal, uma vez que o mesmo pode variar muito, tanto espacial como temporalmente (Wirth *et al.*, 2001). Tais variações podem ocorrer em fração de segundos, através do vento, ou mesmo sazonalmente com a fenologia e senescência das árvores. Isto faz com que a descrição da estrutura do dossel seja complexa e de difícil execução, pois requer a obtenção de dados numa área ampla e ao mesmo tempo representativa da cobertura florestal (Weiss *et al.*, 2004). Devido a sua praticidade, uma das principais metodologias utilizadas na análise da estrutura de dosséis florestais, são as fotografias hemisféricas (Hogan & Machado, 2002; Hu *et al.*, 2009; Paletto & Tosi, 2009). As avaliações por meio de fotos hemisféricas são feitas a partir do sub-bosque com uma lente do tipo

olho de peixe (180°), que reproduz uma imagem, captando o tamanho, o formato e a localização de clareiras (Garcia & Chacoff, 2007). Por conta da capacidade de captar toda essa variação de informações as fotografias hemisféricas vêm ganhando a atenção dos pesquisadores nos últimos anos, ainda mais, com o uso de câmaras digitais e a criação de novos softwares, que permitem analisar precisamente parâmetros da estrutura do dossel florestal e da disponibilidade de radiação luminosa em seu interior (Canham *et al.*, 1990; Martins & Rodrigues, 2002; Martini *et al.*, 2007; Cayuela *et al.*, 2010). São muitas as variáveis possíveis de serem obtidas por meio de fotografias hemisféricas, as quais podem ser afetadas tanto pelo arranjo das folhas no interior da vegetação como pelo ângulo que as mesmas tomam em relação à radiação incidente (Zhang *et al.*, 2005).

A estrutura do dossel pode ser caracterizada por meio da organização dos seus componentes, pois os mesmos afetam diretamente a extensão e o posicionamento das aberturas, e estas, por sua vez, interferem diretamente nos fatores microclimáticos, como a temperatura a umidade relativa do ar e a temperatura do solo no sub-bosque (Pezzopane *et al.*, 2002), além de alterar de forma significativa a disponibilidade de radiação no sub-bosque da floresta quando em comparação com áreas com incidência direta de luz (Pezzopane *et al.*, 2005). Nas florestas tropicais existem dois fatores que atuam fortemente na alteração da estrutura do dossel, a dinâmica de clareiras que ocorre naturalmente devido à queda de árvores e os fatores antrópicos como desmatamento, corte seletivo e a fragmentação florestal, estes podem ter efeitos nas propriedades estruturais e ópticas do dossel (Gobron *et al.*, 2000), sendo que todos alteram as relações entre as frações da radiação absorvidas ou dispersadas.

Dentre as florestas tropicais que mais sofreram alterações antrópicas, seja pelo desmatamento ou pelo mau uso do solo, podemos citar a Floresta Atlântica. Esta é uma área considerada como prioritária para conservação uma vez que possui elevada riqueza de espécies, altos níveis de endemismo (Thomas *et al.*, 1998; Martini *et al.*, 2007) e esta constantemente sofrendo ameaças antrópicas como a redução de habitat e fragmentação (Mittermeier *et al.* 2004; Myers *et al.* 2000).

Atualmente a mesma está reduzida a menos de 8% de sua extensão original sendo que há aproximadamente 60 anos, a quase totalidade das florestas no sul da Bahia foi desmatada para uso na agricultura, restando apenas 3,1% da floresta original (SOS Mata Atlântica, 1992), dentre as áreas remanescentes é possível verificar que grande parte se encontra na porção sul do estado da Bahia (Faria *et al.*, 2006)

Desta forma o presente trabalho avaliou como o estágio sucessional afeta as condições microclimáticas no interior da floresta e comparou a estrutura do dossel na comunidade vegetal em uma capoeira em estágio avançado, uma mata madura e uma área de reflorestamento avaliando a hipótese de que o estágio sucessional afeta condições microclimáticas no interior da floresta sendo que a incorporação da área de reflorestamento com espécies nativas na comparação apresenta um diferencial de outros estudos na literatura, havendo poucas pesquisas sobre o assunto, principalmente em regiões com domínio de Floresta Atlântica. Essas informações são de suma importância para que possa ser estabelecido um manejo da regeneração natural, podendo, as mesmas, também ser usadas em estudos sobre mudanças climáticas em função do desmatamento.

Material e métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado em um remanescente de floresta Atlântica localizada dentro do Parque Estadual da Serra do Conduru (PESC) (14°20'–14°30' S; 39°02'– 39°08' W) entre março e novembro de 2011. O PESC é um dos últimos fragmentos bem preservados de Floresta Atlântica, localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Leste, possui uma área de 9.275 ha e está inserido dentro do centro de endemismos do sul da Bahia (Thomas *et al.*, 1998), além de possuir uma das mais altas biodiversidades de espécies arbóreas do planeta (Martini *et al.*, 2007). O clima na região é quente e úmido, definido segundo Köppen (1976) como tropical úmido, sem uma estação seca definida. A

precipitação anual gira em torno de 1800 a 2000 mm (Landau, 2003) possui temperatura média anual variando entre 24-25°C. A vegetação dominante na região é a Ombrófila Densa Sub-montana, ou Floresta Úmida Sul Baiana, que se caracteriza pela presença de árvores altas, dossel denso e com altura maior que 25 m, com grande quantidade de lianas e epífitas (Jardim *et al.*, 1993; Thomas, 2003).

Dados estruturais e microclimáticos

Na área do PESC foram delimitadas três locais de amostragem, correspondendo a três áreas em diferentes estádios de regeneração. Para tal, foi selecionada uma floresta madura (mata), uma área onde houve corte seletivo e encontra-se em regeneração a mais de 25 anos (capoeira) e um pasto em processo de manejo e reflorestamento à aproximadamente 10 anos (plantio) (Tabela 1). O sistema utilizado na implantação da área do plantio foi o de linhas de preenchimento e diversidade, onde são utilizadas linhas alternadas de espécies classificadas como de preenchimento e espécies classificadas como de diversidade. O espaçamento utilizado foi de 2 x 3, dois metros entre linhas e três metros entre plantas, com o objetivo de manter a densidade arbórea de 1.666 árvores por hectare (Rocha, 2008). Segundo um trabalho prévio, realizado na área de estudo também utilizando áreas com as aproximadamente as mesmas classes de idades (10, 25 e mais de 40 anos) aqui avaliadas, o diâmetro médio, a área basal e a altura total aumentam com a idade (Piotto *et al.*, 2009). As espécies no plantio atingem aproximadamente de 4 a 6 metros de altura enquanto nas áreas de capoeira e floresta madura tem entre 15 e 22 metros, e esses valores também se assemelham aos encontrados por Piotto *et al.* (2009).

Em cada local, entre março e novembro de 2011, foi analisada mensalmente a abertura do dossel (ABTOT). Para tal, em cada local foram demarcados de forma aleatória sistemática cinco transectos de 250 m de comprimento, contendo cinco pontos, cada, em intervalos de 50 m. Ao total

foram marcados 25 pontos amostrais por área. Os pontos amostrais foram sinalizados com estacas de madeira identificadas, permitindo a coleta de dados ao longo do período do trabalho.

Em cada ponto uma fotografia hemisférica foi obtida mensalmente, entre março e novembro de 2011, utilizando-se uma câmera fotográfica digital Nikon Coolpix4300 equipada com uma lente olho-de-peixe (180°), montada sobre um tripé a 1,20 m de altura, o qual foi nivelado em relação ao solo por um nível de bolha comum. Foram obtidas um total de 750 fotografias, as quais foram analisadas no programa GLA (Gap light analyzer) para obtenção da ABTOT.

Dados de pluviosidade ao longo do período de coleta de dados foram obtidos do SINDA (Sistema Nacional de Dados Ambientais- INPE), estação meteorológica de Ilhéus (32499). Além das fotografias hemisféricas, foram realizadas duas campanhas intensivas de coleta de dados microclimáticos, sendo a primeira entre 4 de abril a 19 de maio e a segunda entre 15 de outubro a 29 de novembro de 2011. Essas campanhas foram espaçadas de forma a tentar obter a maior variabilidade ambiental possível. Para tal, foram instalados sensores de temperatura e umidade relativa do ar Hobo H8 Pro Series dataloggers (Onset Computer, Bourne, Massachusetts, USA) e sensores de temperatura do solo Data Logger - UTBI-001 (Onset Computer, Bourne, Massachusetts, USA). Foram instalados dois pares de sensores (temperatura e umidade do ar e temperatura do solo) em cada local, adotando-se como critério para determinar a posição desses sensores os pontos amostrais com maior de menor valor de ABTOT (Aberto – AB e Fechado – FC, respectivamente). Os sensores foram programados para coletar os dados a cada segundo e armazenar as médias a cada 30 minutos. Foram coletados dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar e temperatura do solo. A partir dos dados de temperatura e umidade relativa do ar calculou-se o déficit de pressão de vapor do ar (DPV) segundo equação de Tetens (Rosenberg *et al.*, 1983).

A partir dos dados de temperatura de ar (T_a), temperatura do solo (T_s) e DPV foram obtidas as temperaturas máxima diária, mínima diária, média diurna e média noturna, e o DPV máximo e DPV médio. Todas as variáveis foram coletadas simultaneamente nos três locais.

Análise dos Dados

As comparações das médias de ABTOT entre os três locais e entre os meses de coleta de dados para cada local foram realizadas mediante análise da variância (ANOVA), seguida do teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. Visto que os valores de ABTOT são expressos em porcentagem, antes de serem analisados os mesmos foram transformados em arcsen (RAIZ (x/100)).

Para verificar se houve diferença significativa na pluviosidade durante as campanhas para coleta de dados microclimáticos, foi realizado um Teste T, considerando os valores totais diários ao longo do período compreendido por cada campanha.

As comparações das médias das variáveis microclimáticas entre locais (Plantio, Capoeira e Mata) e pontos amostrais com maior e menor ABTOT foram realizadas por meio de um esquema fatorial 3 x 2, com três locais, dois valores extremos de ABTOT e 42 e 44 repetições (dias) na primeira e segunda campanhas, respectivamente. Quando foi verificado efeito significativo para local pela ANOVA, a separação de médias foi realizada por meio do teste Tukey a 5% de probabilidade.

Foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) com posterior rotação de Varimax de forma a obter eixos componentes com as formas mais representativas das variáveis originais microclimáticas coletadas. Ao final da análise os dois componentes principais gerados foram relacionadas à ABTOT por meio de uma análise de regressão múltipla. Para tal, foram utilizados todos os dados coletados nas duas campanhas de coletas intensivas de dados, sendo os valores da ABTOT transformados em arcsen RAIZ (x/100).

Resultados

Estrutura do dossel

Foram verificadas diferenças significativas entre os valores médios de ABTOT dos três locais ($F = 889,395$, $DF = 2$, $P < 0,001$). Os menores valores médios de ABTOT ocorreram na mata (3,13%),

seguido da capoeira (5,6%) e plantio (23%), sendo que todos os locais são diferentes entre si (Tabela 2). Em média, os valores da ABTOT no plantio foram 430 e 742 % maiores que os valores médios de ABTOT na capoeira e na mata, respectivamente. Por outro lado, quando foram comparadas as médias mensais dentro de cada local, foram verificadas diferenças significativas entre os valores médios de ABTOT apenas para a mata ($F = 7,233$, $df = 8$, $P < 0,01$) e para a capoeira ($F = 37,620$, $DF = 8$, $p < 0,01$) (Tabela 2). As diferenças percentuais entre os valores máximos e mínimos para as médias mensais de ABTOT na mata, na capoeira e no plantio foram, respectivamente, 34 %, 51 % e 22 %.

Microclima

No período compreendido entre o início e o final da coleta de dados a pluviosidade total foi de 1394,5 mm, com os maiores valores verificados entre os meses de março a abril de 2011 e outubro a novembro de 2011 (Figura 1). Os meses com maior e menor pluviosidade foram respectivamente abril (297 mm) e setembro (56 mm). Não houve diferença significativa para pluviosidade acumulada, entre as duas campanhas, sendo que na primeira campanha a pluviosidade total acumulada foi de 390,75 mm e na segunda 363,5 mm. Vale ressaltar que mesmo com as chuvas distribuídas de forma homogênea durante todo o período, durante a primeira campanha em apenas dois dias (09/04/11 e 03/05/11) a pluviosidade acumulada foi equivalente a 41% de toda a precipitação acumulada na primeira campanha.

Os maiores e menores valores da T_a média diária no período foram, respectivamente, 24,9 °C, no plantio, e 18,7 °C, na mata; ambos na segunda campanha. Para a T_s média diária os maiores e menores valores foram, respectivamente, 26,1 °C, no plantio durante a primeira campanha, e 19,41 °C, na mata durante a segunda campanha. Tanto na primeira como na segunda campanha os maiores valores de DPV médio e máximo diário foram obtidos no plantio (0,62 e 1,10 kPa e 0,47 e 1,29 kPa), seguido pela capoeira (0,35 e 0,81 kPa e 0,28 e 0,62 kPa) e pela mata (0,29 e 0,54 kPa e 0,18 e 0,67

kPa). Os maiores e menores valores da Ta média diurna ocorreram, respectivamente, no plantio (26,6 °C) e na mata (17,2 °C), ambos na primeira campanha. Da mesma forma, os maiores e menores valores da Ta média diurna ocorreram, respectivamente, no plantio (25,3 °C) e na mata (19,1 °C), ambos na primeira campanha.

Em geral foi possível verificar diferenças significativas nas variáveis microclimáticas tanto entre as áreas quanto entre os valores máximos e mínimos de ABTOT de cada área em ambas as campanhas (Tabelas 3 e 4). Foram avaliadas ao todo 10 variáveis microclimáticas, das quais 9 apresentaram diferença significativa entre as áreas na primeira campanha e 8 na segunda campanha (Tabela 3 e 4).

O plantio foi a área que mais se diferenciou entre os locais, o mesmo foi diferente da mata e da capoeira em todas as 9 variáveis na primeira campanha (Tabela 3) e na segunda campanha se comportou da mesma forma sendo diferente dos demais locais em 8 variáveis (Tabela 4)

De forma geral, ao comparar os locais é possível observar que a mata e a capoeira se assemelham bastante, havendo diferença significativa nas variáveis microclimáticas apenas para Ta média diurna, DPV médio e DPV máximo na primeira campanha e apenas para a Ts mínima diária na segunda campanha. As variáveis relacionadas a Ta em geral não apresentaram diferenças significativas quando comparadas entre os menores e maiores valores de ABTOT. Entre as que apresentaram podemos citar DPV médio diário, DPV máximo diário, Ta máxima. Quando comparadas as variáveis relacionadas a Ts apenas Ts máxima e a Ts noturna não tiveram diferença significativa entre os locais.

Relação entre abertura de dossel e variáveis microclimáticas

A análise de componentes principais nas variáveis microclimáticas relevou que dois componentes principais explicam cerca de 90,1 % da variação total encontrada nas variáveis analisadas. O primeiro componente principal (PC1) explica 75,3 % da variação encontrada e segundo

componente principal (PC2) explica 14,7 % da variação encontrada (Tabelas 5). A ABTOT está positivamente correlacionada com as variáveis microclimáticas analisadas ($r^2 = 0,797$, $Gl = 1$ $p = 0,01$), sendo que, o componente principal 1 (PC1) é o componente que melhor explica o modelo de regressão ($p < 0,01$).

Discussão

Nas áreas de mata e capoeira, os valores encontrados para ABTOT estão de acordo com estudos prévios realizados em florestas tropicais (Trichon *et al.*, 1998; Silva-Júnior *et al.*, 2004). Os valores médios observados para ABTOT nos ambientes de mata e capoeira evidenciam certo grau de homogeneidade da cobertura da vegetação apresentando dossel relativamente fechado, com pouca penetração de radiação luminosa no sub-bosque (Trichon *et al.*, 1998; Martins & Rodrigues, 2002; Berg & Santos, 2010); ao passo que os altos valores de ABTOT do plantio são semelhantes aos encontrados em áreas com grandes clareiras (Trichon *et al.*, 1998). Vale ressaltar que as fotografias hemisféricas foram obtidas a apenas 1,20 m do nível do solo logo abaixo de muitas espécies vegetais de sub-bosque da floresta, desta forma podendo estar superestimando os valores de ABTOT nas áreas de mata e capoeira enquanto que o plantio por ter intervenção com roçagem, semestralmente, não sofria esse efeito (informações pessoais obtidas junto aos servidores do PESC).

O somatório da precipitação que foi obtido no período entre o início e o final do estudo (nove meses) foi de 1394,5 mm, abaixo da média anual relatada para a região (ver Landau, 2003). Durante o estudo, o período mais seco, com dados de precipitação abaixo de 60 mm, foram os meses de junho e setembro de 2011.

Ao se observar a média da variação mensal de ABTOT dentro de cada local, tanto na mata quanto na capoeira pode-se verificar uma variação significativa entre os meses. Este fato parece estar diretamente ligado ao papel do regime pluviométrico na cobertura do dossel, uma vez que os menores valores de ABTOT foram obtidos no período de menor precipitação pluviométrica (entre

maio e setembro de 2011) nos meses de março e abril o aumento do valor de ABTOT foi observado especialmente no plantio. Este acontecimento ocorreu durante a primeira campanha e pode estar relacionado a pluviosidade, pois em apenas 2 dias choveu o equivalente a 41% do total da respectiva campanha causando a queda de ramos galhos e folhas da vegetação (observação pessoal). Isto pode explicar porque a ABTOT teve menores valores durante o período de estiagem.

Os resultados obtidos para o plantio com relação a variáveis microclimáticas, tanto na primeira quanto na segunda campanha, corroboram com informações previamente relatadas na literatura, onde as áreas com maior abertura de dossel apresentam os maiores valores médios e máximos de temperatura do ar (Hernandes *et al.*, 2002; Pezzopane *et al.*, 2002; Pezzopane *et al.*, 2005). Esse fato demonstra que a ABTOT, exerce um papel significativo na floresta, quando comparadas com ambientes abertos; controlando, ou mesmo, funcionando com um tampão para a evapotranspiração das plantas e para as temperaturas do ar e do solo.

Além disso, podemos acreditar que a diferenciação entre os locais esteja ligada diretamente ao dossel florestal, o qual funciona como um *buffer*, impedindo tanto entradas quanto saídas intensas de energia, o que acaba resultando, em áreas abertas, em altas temperaturas diurnas e baixas temperaturas noturnas (Pezzopane *et al.*, 2002). Isto explicaria o fato do plantio ter se diferenciado tanto da mata quanto da capoeira nas duas campanhas, em quase todas as variáveis microclimáticas estudadas.

Apenas para o DPV médio foi possível observar diferenças significativas entre os três locais, tanto na primeira quanto na segunda campanha. Isso deve ocorrer porque o DPV responde diretamente a variações na temperatura e na umidade relativa do ar (Marenco & Lopes, 2005), O DPV é um fator do ambiente físico determinante para a velocidade da perda de água pela transpiração e apresenta efeito direto na abertura e fechamento dos estômatos de um grande número de espécies, reduzindo consideravelmente a perda de água, mas como consequência restringe a assimilação de CO₂ e conseqüentemente a fotossíntese (Hall, 1993).

A temperatura do solo no interior de uma floresta, onde a vegetação se apresenta densa, ou em áreas abertas, onde a vegetação é mais rala, influi diretamente em processos biológicos como a germinação de sementes, uma das fases críticas no ciclo de vida das plantas (Silva & Barbosa, 2000). Quando comparamos áreas abertas, com pouca vegetação, com áreas onde a vegetação se apresenta mais densa, é possível verificar que uma fração maior de radiação é absorvida pela superfície do solo, o que conseqüentemente, acarreta na elevação da temperatura do mesmo (Jardim *et al.*, 1993; Rich *et al.*, 1993). Porém, quando o solo é exposto por conta da formação de uma clareira, algumas propriedades do mesmo são alteradas bruscamente, como o aumento nas taxas de decomposição da serrapilheira e a disponibilidade de nutrientes para as plantas (Vieira & Higuchi, 1990). Essas alterações no ambiente físico podem, por sua vez, alterar consideravelmente o meio biológico, fazendo com que indivíduos jovens de espécies sensíveis à luz não consigam se estabelecer permitindo o aparecimento de indivíduos jovens de plantas pioneiras, ou mesmo aumentando as taxas de crescimento de outras espécies vegetais (Vieira & Higuchi, 1990).

Observando os diferentes locais estudados nota-se que a medida que estes possuem um maior tempo de regeneração, o valor de ABTOT é menor. Desta forma é possível supor que diferentes intensidades luminosas atinjam o sub-bosque de cada local sendo que as maiores intensidades luminosas, graças à estrutura dossel, sejam encontradas no plantio seguido pela capoeira e logo após pela mata. Segundo Luigi (2004) quanto mais luz chega ao sub-bosque de uma formação vegetacional, é possível notar que a umidade relativa do ar decresce rapidamente e a temperatura interna dessa formação se eleva, e com isso, a depender da intensidade da perturbação, invariavelmente, um processo de sucessão ecológica é desencadeado. Desta forma é possível explicar a razão de todas as variáveis apresentarem significância para o modelo de regressão com a ABTOT.

A análise das relações existentes entre a cobertura do dossel e as variáveis microclimáticas (distribuição de precipitação ao longo do ano, temperaturas máximas, mínimas e médias anuais, e umidade relativa) é de grande importância para pesquisas conservacionistas, principalmente quanto à

tomada de decisões a respeito da seleção de espécies a serem utilizadas em plantios para recomposição de áreas degradadas(Almeida, 2000). Além disso, esses mesmos parâmetros são vistos como parte fundamental para o desenvolvimento de estudos relacionados com a abundância e a biodiversidade de espécies do sub-bosque, além da sua importância natural para o estabelecimento, regeneração e mortalidade de plântulas além de contribuir no crescimento e na composição de espécies de arbóreas (Hernandes *et al.*, 2002; Hogan *et al.*, 2002; Martini, 2002; Silva-Júnior *et al.*, 2004).

Ao longo do período de coleta de dados, foram verificadas grandes diferenças na ABTOT entre os locais de estudo, e por todas estarem submetidas às mesmas condições climáticas (regimes pluviométricos, radiação solar, altitude) provavelmente a ABTOT é o fator principal que influencia as variações do microclima na área. Tanto na mata como na capoeira, a ABTOT se apresentou relativamente fechada, por conta disso, na maioria das vezes, os locais não apresentaram diferença significativa quando comparadas as variáveis microclimáticas, assim demonstrando certa homogeneidade nas respostas climáticas à ABTOT.

Pela regressão múltipla entre os *Scores* dos componentes principais (PC1 e PC2) e a ABTOT foi possível observar que a ABTOT explica cerca de 80% da variância total encontrada nas variáveis microclimáticas nos locais de estudo. Os 20% restantes possivelmente são derivados dos efeitos de interações aleatórias, arranjos espaciais da floresta ou mesmo fatores não mensurados nesse estudo, mas que estão presente nos locais. As presenças das correlações significativas sugerem que o microclima dos locais de estudo são afetados diretamente pela abertura do dossel salientando o fato de que a ABTOT deve produzir uma modificação acentuada no solo.

Com base nos resultados obtidos foi possível concluir que dentro do gradiente de regeneração usado neste estudo a variação climática existente nos locais de onde o trabalho foi executado sofrem efeitos diretos da ABTOT, que as variáveis microclimáticas foram mais dependentes dos locais do que dos valores máximos e mínimos de ABTOT de cada local e que a ABTOT é um bom indicador

para a obtenção de dados sobre as variáveis microclimáticas do ambiente, pois apresenta bom nível de significância, porém com baixa acurácia a depender da variável em questão.

Implicações para a prática

- Os resultados obtidos têm implicações diretas para a elaboração de estratégias para auxiliar na recuperação da estrutura florestal (área basal, biomassa e estratificação vertical) em tratamentos de restauração e na sucessão florestal, em áreas degradadas por efeitos naturais ou antrópicos.
- O microclima do interior da floresta se mostrou susceptível a abertura de dossel da floresta, havendo muito poucas pesquisas sobre o assunto, principalmente em regiões com domínio de Mata Atlântica.
- O estudo avaliou e quantificou a relação entre microclima regional e a abertura do dossel florestal, desta forma identificando a abertura de dossel como um bom indicador para a obtenção de dados sobre as variáveis microclimáticas do ambiente.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer a Secretaria do Meio Ambiente pela autorização para trabalhar no Parque Estadual da Serra do Conduru e ao Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade da UESC pelo auxílio financeiro. J.A. Oliveira agradece a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela concessão de bolsa de estudo (BOL0243/2010) e M.S. Mielke agradece a bolsa de produtividade do CNPq.

Referências

- Almeida, D. S. 2000. Recuperação ambiental da mata atlântica. UESC, Ilheus.
- Berg, E., and F. a. M. Santos 2010. Aspectos da variação ambiental em uma floresta de galeria em Itutinga, MG, Brasil. *Ciência Florestal* **13**.
- Canham, C. D., J. S. Denslow, W. J. Platt, J. R. Runkle, T. A. Spies, and P. S. White 1990. Light regimes beneath closed canopies and tree-fall gaps in temperate and tropical forests. *Canadian Journal of Forest Research* **20**:620-631.
- Cayuela, L., C. Murcia, A. A. Hawk, J. Fernández-Vega, and F. Oviedo-Brenes 2010. Tree responses to edge effects and canopy openness in a tropical montane forest fragment in southern Costa Rica. *Tropical Conservation Science* **2**:425-436.
- Faria, D., B. Soares-Santos, and E. Sampaio 2006. Bats from the Atlantic rainforest of southern Bahia, Brazil. *Biota Neotropica* **6**.
- Fearnside, P. M. 2006. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. *Acta Amazônica* **36**:395-400.
- Garcia, D., and N. P. Chacoff 2007. Scale Dependent Effects of Habitat Fragmentation on Hawthorn Pollination, Frugivory, and Seed Predation. *Conservation Biology* **21**:400-411.
- Gobron, N., B. Pinty, M. M. Verstraete, and J. L. Widlowski 2000. Advanced vegetation indices optimized for up-coming sensors: Design, performance, and applications. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on* **38**:2489-2505.
- Hall, D. O. 1993. Photosynthesis and production in a changing environment: a field and laboratory manual. Chapman & Hall.
- Hernandes, J. L., M. J. Pedro-Júnior, and L. Bardin 2002. Diferenças estacionais entre variáveis microclimáticas para ambientes de interior de mata, vinhedo e posto meteorológico em Jundiaí (SP). *Bragantia* **61**:169-180.
- Hogan, K., J. Machado, M. R. Guariguata-Urbano, and G. Kattan. 2002. Ecología y conservación de bosques neotropicales. Libro Universitario Regional
- Hogan, K. P., and J. L. Machado. 2002. Ecología y conservación de bosques neotropicales. Libro Universitario Regional.
- Holl, K. 1999. Factors limiting tropical moist forest regeneration in agricultural land: soil, microclimate, vegetation and seed rain. *Biotropica* **31**:229-242.
- Hu, L., Z. Gong, J. Li, and J. Zhu 2009. Estimation of canopy gap size and gap shape using a hemispherical photograph. *Trees - Structure and Function* **23**:1101-1108.
- Jardim, F. C. S., M. Volpato, and A. Souza. 1993. Dinâmica de sucessão natural em clareiras de florestas tropicais.

- Lhotka, J. M., and E. F. Loewenstein 2008. Influence of canopy structure on the survival and growth of underplanted seedlings. *New Forests* **35**:89-104.
- Martini, A. M. Z. 2002. Estrutura e composição da vegetação e chuva de sementes em sub-bosque, clareiras naturais e área perturbada por fogo em floresta tropical no sul da Bahia. Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas.
- Martini, A. M. Z., P. Fiaschi, A. M. Amorim, and J. L. Paixão 2007. A hot-point within a hot-spot: a high diversity site in Brazil's Atlantic Forest. *Biodiversity and Conservation* **16**:3111-3128.
- Martins, V. S., and R. R. Rodrigues 2002. Gap-phase regeneration in a semideciduous mesophytic forest, south-eastern Brazil. *Plant Ecology* **163**:51-62.
- Paletto, A., and V. Tosi 2009. Forest canopy cover and canopy closure: comparison of assessment techniques. *European Journal of Forest Research* **128**:265-272.
- Pezzopane, J. E. M., G. Reis, M. G. F. Reis, J. Costa, and J. H. Chaves 2002. Temperatura do solo no interior de um fragmento de floresta secundária semidecidual. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* **10**:1-8.
- Pezzopane, J. E. M., G. G. D. Reis, M. G. F. Reis, and J. M. N. Costa 2005. Caracterização da radiação solar em fragmento da Mata Atlântica. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* **13**:11-19.
- Piotto, D., F. Montagnini, W. Thomas, M. Ashton, and C. Oliver 2009. Forest recovery after swidden cultivation across a 40-year chronosequence in the Atlantic forest of southern Bahia, Brazil. *Plant Ecology* **205**:261-272.
- Rich, P. M., D. B. Clark, D. A. Clark, and S. F. Oberbauer 1993. Long-term study of solar radiation regimes in a tropical wet forest using quantum sensors and hemispherical photography. *Agricultural and Forest Meteorology* **65**:107-127.
- Silva-Júnior, W. M., S. Martins, A. F. Silva, and P. De Marco Júnior 2004. Regeneração natural de espécies arbustivo-arbóreas em dois trechos de uma Floresta Estacional Semidecidual, Viçosa, MG. *Scientia Forestalis* **66**:169-179.
- Silva, G. L. 2004. A formação de consórcios intermunicipais para a conservação de remanescentes florestais da Mata Atlântica na região das Baixadas Litorâneas/RJ-a aplicação de técnicas de geoprocessamento como ferramenta de análise e interpretação. UFRJ, Rio de Janeiro.
- Silva, L. M. B., and D. C. A. Barbosa 2000. Growth and survival of *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan (Leguminosae), in an area of caatinga, Alagoinha, PE. *Acta Botanica Brasilica* **14**:251-261.
- Siqueira, L., D. Matos, R. Portela, M. Braz, L. Silva-Lima, and M. Matos 2004. Using the variances of microclimate variables to determine edge effects in small forest Atlantic Rain Forest fragments, South-Eastern Brazil. *Ecotropica* **10**:59-64.
- Thomas, W. M. W. 2003. Corredor de Biodiversidade da Mata Atlântica do sul da Bahia. Publicação em CD-ROM, Ilhéus, IESB/CI/CABS/UFMG/UNICAMP:1 - 4.

Thomas, W. M. W., A. M. V. D. E. Carvalho, A. M. A. Amorim, J. Garrison, and A. L. Arbeláez 1998. Plant endemism in two forests in southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation* **7**:311-322.

Trichon, V., J. M. N. Walter, and Y. Laumonier 1998. Identifying spatial patterns in the tropical rain forest structure using hemispherical photographs. *Plant Ecology* **137**:227-244.

Vieira, G., and N. Higuchi 1990. Efeito do tamanho de clareira na regeneração natural em floresta mecanicamente explorada na Amazônia brasileira. Pages 22-27.

Weiss, M., F. Baret, G. Smith, I. Jonckheere, and P. Coppin 2004. Review of methods for in situ leaf area index (LAI) determination:: Part II. Estimation of LAI, errors and sampling. *Agricultural and Forest Meteorology* **121**:37-53.

Wirth, R., B. Weber, and R. J. Ryel 2001. Spatial and temporal variability of canopy structure in a tropical moist forest. *Acta Oecologica* **22**:235-244.

Zhang, Y., J. M. Chen, and J. R. Miller 2005. Determining digital hemispherical photograph exposure for leaf area index estimation. *Agricultural and Forest Meteorology* **133**:166-181.

Tabela 1. Descrição dos locais estudados dentro do Parque Estadual da Serra do Conduru (PESC)

Ambiente	Manejo Prévio	Tempo de Regeneração	Intervenção	Altura do dossel
Mata	Nenhum	> 40 anos	Nenhuma	Entre 18 e 22 metros
Capoeira	Corte seletivo	25 anos	Nenhuma	Entre 16 e 20 metros
Plantio	Pastagem	9 anos	Plantio de mudas e Roçagem	Até 10 metros

Tabela 2. Abertura do dossel (ABTOT) nos três locais (Plantio, Capoeira e Mata), entre março e novembro de 2011. Valores médios \pm desvio padrão. Médias seguidas de letras distintas (maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical) diferem entre si ($p \leq 0,05$).

Meses	Locais		
	Plantio	Capoeira	Mata
Março	24,84 \pm 8,62 a	8,33 \pm 1,65 a	3,31 \pm 0,80 b
Abril	24,55 \pm 9,02 a	4,69 \pm 1,11 c	3,32 \pm 0,79 b
Mai	26,30 \pm 9,88 a	6,55 \pm 1,43 b	3,04 \pm 0,73 b c
Junho	22,49 \pm 8,42 a	4,95 \pm 1,33 c	2,89 \pm 0,71 b c
Julho	21,40 \pm 9,03 a	4,13 \pm 0,76 c	2,62 \pm 0,84 c
Agosto	20,60 \pm 10,57 a	4,67 \pm 0,74 c	2,72 \pm 0,69 b c
Setembro	22,04 \pm 9,75 a	4,31 \pm 0,64 c	3,33 \pm 0,59 b
Outubro	21,97 \pm 9,32 a	5,86 \pm 1,04 b	2,99 \pm 0,57 b c
Novembro	22,79 \pm 9,33 a	6,59 \pm 0,71 b	3,97 \pm 0,64 a
Média	23,00 \pm 1,85 A	5,58 \pm 1,41 B	3,13 \pm 0,40 C

Tabela 3. Comparação das variáveis microclimáticas relacionadas a temperatura do ar e do solo de cada local entre os maiores e menores valores de ABTOT (AB e FC) durante a primeira campanha. Valores médios \pm desvio padrão. Médias seguidas de letras distintas (maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical) diferem entre si ($p \leq 0,05$).

	Plantio			Capoeira			Mata Madura		
	AB	FC	Média	AB	FC	Média	AB	FC	Média
T(ar) Diu	24,63 a	23,99 a	24,31 A	23,11 a	22,85 a	22,98 B	22,99 a	22,87 a	22,93 C
T(ar) Not	21,71 a	21,70 a	21,70 A	21,98 a	21,94 a	21,96 AB	21,92 a	21,88 a	21,90 B
T(ar) Max	27,82 a	26,20 b	27,00 A	24,57 a	24,05 a	24,31 B	25,36 a	24,05 a	24,71 B
T(S) Diu	24,51 a	23,88 b	24,19 A	22,84 a	22,71 a	22,78 B	22,77 a	22,94 a	22,86 B
T(S) Not	25,23 a	24,67 b	24,95 A	22,98 a	22,94 a	22,96 B	22,87 a	23,03 a	22,95 B
T(S) Max	27,36 a	26,36 b	26,86 A	23,51 a	23,61 a	23,56 B	23,35 a	23,50 a	23,43 B
DPV Diu	0,20 a	0,18 a	0,19 A	0,09 a	0,03 b	0,06 B	0,03 a	0,02 a	0,03 C
DPV Max	0,59 a	0,46 b	0,53 A	0,25 a	0,10 b	0,14 B	0,14 a	0,08 b	0,11 C

Tabela 4. Comparação das variáveis microclimáticas relacionadas a temperatura do ar e do solo de cada local entre os maiores e menores valores de ABTOT (AB e FC) durante a segunda campanha. Valores médios \pm desvio padrão. Médias seguidas de letras distintas (maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical) diferem entre si ($p \leq 0,05$).

	Plantio			Capoeira			Mata Madura		
	AB	FC	Média	AB	FC	Média	AB	FC	Média
T(ar) Diu	23,76 a	23,66 a	23,71 A	22,68 a	22,66 a	22,67 B	21,27 a	22,37 a	21,82 B
T(ar) Not	20,84 a	21,03 a	20,93 A	21,20 a	21,16 a	21,18 A	22,54 a	21,07 a	21,81 A
T(ar)max	26,41 a	26,15 a	26,28 A	24,31 a	24,31 a	24,31 B	24,55 a	23,83 a	24,19 B
T(S) Diu	23,74 a	23,17 b	23,45 A	22,16 a	21,76 a	21,96 B	22,27 a	22,00 b	22,14 B
T(S) Not	23,18 a	22,95 a	23,06 A	21,88 a	22,02 a	21,95 B	22,15 a	21,86 a	22,01 B
T(S) Max	24,82 a	25,19 b	25,00 A	22,42 a	22,50 a	22,46 B	22,57 a	22,54 a	22,56 B
DPV Diu	0,26 a	0,26 a	0,26 A	0,14 a	0,13 a	0,14 B	0,05 a	0,06 a	0,06 B
DPV Max	0,59 a	0,59 a	0,59 A	0,34 a	0,33 a	0,34 B	0,15 a	0,13 a	0,14 B

Tabela 5. Análise de componentes principais de variáveis microclimáticas (apenas fatores maiores que 0,5 foram apresentados)

Variáveis	Componentes	
	PC1	PC2
Temp Max	0,92	
DVP Med	0,918	
Amplitude Solo	0,913	
Amplitude	0,891	
DVP Max	0,86	
Temp Max Solo	0,811	0,566
Temp Not Solo	0,729	0,61
Temp Min		-0,962
Temp Not		-0,859
Temp Diu		-0,857
Temp Med	0,55	0,778
TempDiu Solo	0,617	0,756
Temp Min Solo	0,537	0,736
Temp Med Solo	0,691	0,705
Eigenvalue	10,54	2,06
Varição explicada %	75,31	14,74
Varição acumulada %	75,31	90,01

Relações mais importantes (fatores > 0,6) em negrito

Figura 1. Precipitação pluviométrica no período de março a novembro de 2011 (Dados SINDA- INPE)

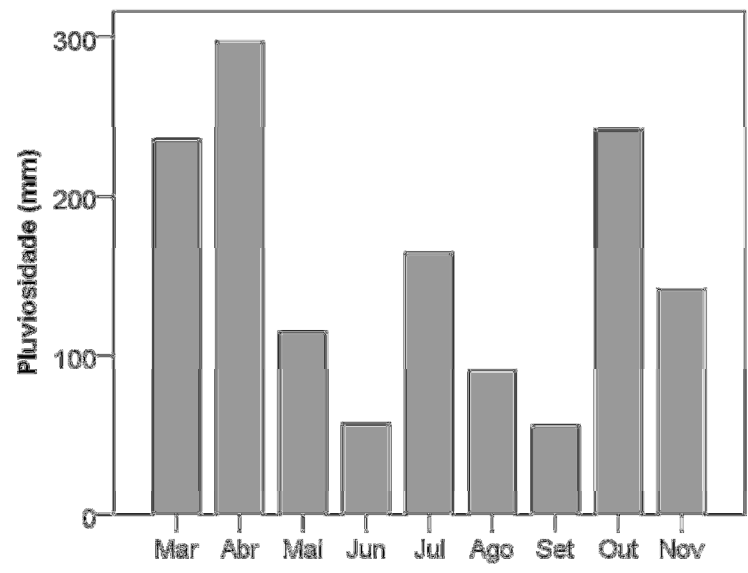


Figura 2. Acompanhamento da variação mensal dos valores percentuais máximos e mínimos da abertura de dossel ao longo dos nove meses de coleta de dados no plantio (a), na Capoeira (b) e na mata (c). Valores máximos de abertura de dossel no início (losango preto) e no final da coleta de dados (losango cinza). Valores mínimos de abertura de dossel encontrados no início (triângulo preto) e no final da coleta de dados (triângulo cinza).

