

## Impactos no saldo de radiação em troca de bioma de Mata Atlântica por canavial

Jeová Ramos da Silva Junior <sup>1</sup>  
Marcos Antonio Lima Moura <sup>1</sup>  
Ismael Guidson Farias de Freitas <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Alagoas - UFAL  
Instituto de Ciências Atmosféricas - ICAT  
Avenida Lourival de Melo Mota, s/n – Tabuleiro dos Martins, Maceió – AL, Brasil, CEP  
57072-900  
{jeova.junior}@icat.ufal.br  
malm@ccen.ufal.br  
ismael.guidson@gmail.com

**Abstract:** Tropical forests are extremely important to the climate, since a local scale to a global. The replacement of native environment Atlantic Rainforest for crops impacts in various climatic aspects and alerts about the Hotspot's preservation needs. For these reasons, this article attends to characterize the Net Radiation's (Rn) micrometeorological variability in two experimental sites: Atlantic Rainforest and Canebrake, as also determine influences of others meteorological variables on Rn and describe the main impacts in Rn by this vegetation exchange. The study period (2015) is under El Niño conditions, it drives lowness precipitation and narrows rainfall to wet season. The behavior of Rn in Atlantic Rainforest (RnM) is similar to the Canebrake (RnC), but with smaller amplitude. After the wet season, RnC does not return to the early planting characteristics, indicating less energy availability due to the growth of sugarcane. The differences observed are consistent with the literature, including in others vegetative environments.

**Palavras-chave:** Net Radiation, Atlantic RainForest, Canebreak, Mann-Kendall, Saldo de Radiação, Mata Atlântica, Cana-de-açúcar.

### 1. Introdução

A biodiversidade é distribuída no planeta de forma desigual, por causa disso o conceito de hotspot foi criado para indicar as regiões ricas em espécies endêmicas que necessitam de ações de conservação prioritárias. 'Hot-spot', segundo Myers (1988), são áreas que apresentam concentrações excepcionais de espécies com altos níveis de endemismo e estão experimentando rápidas taxas incomuns de depleção. Myers et al. (2010) listaram a Mata Atlântica como o sexto hotspot mais importantes dentre os vinte e cinco do mundo.

As florestas tropicais experimentaram as maiores perdas e ganhos de floresta dos quatro domínios climáticos (tropical, subtropical, temperado e boreal), assim como a maior relação de não reflorestamento, indicando a prevalência de desmatamento (HANSEN et al., 2013). Zonas Florestais Tropicais totalizam 32% da perda total de cobertura florestal mundial, sendo que metade dessa perda ocorreu na América do Sul (HANSEN et al., 2013). Estima-se que restam apenas 7,6% da área original da Mata Atlântica, representando cerca de 290 mil quilômetros quadrados do território nacional (GUIMARÃES, 2013).

A Mata Atlântica passou por uma longa história de uso intensivo da terra para exportação de produtos, incluindo os ciclos de exploração do pau-brasil, da cana-de-açúcar, do café, do cacau e da pecuária, sendo a paisagem completamente modificada (GALDINO-LEAL & CÂMARA, 2005). Já na primeira fase do processo histórico da evolução da atividade canavieira associada aos primeiros sistemas de engenhos demandavam amplas áreas de matas para o fornecimento de lenha para as caldeiras (LIMA, 2006). Em Alagoas, os primeiros dados de cana-de-açúcar moída datam de 1959, onde a produção foi 3 milhões de toneladas, já

em 2010 a produção soma 25 milhões de toneladas – um aumento de 830% (SINDAÇUCAR-AL, 2016). Também em 2010, Alagoas produziu 40,5% do total de cana-de-açúcar moída do Norte e Nordeste brasileiro (SINDAÇUCAR-AL, 2016).

Estima-se que 70 a 90% da vida na floresta tropical é encontrada sobre as árvores, fazendo com que o dossel seja o mais rico habitat para a vida das plantas e animais (BUTLER, 2006; SANTANA, 2010). De um total pluviométrico anual em um remanescente florestal de Mata Atlântica, uma fração é interceptada pela copa das árvores sendo evaporada de volta à atmosfera. Outra parte, correspondendo a 81% da precipitação total, passa pelo dossel atingindo o solo (FREITAS et al., 2013). Então, a cobertura florestal tem grande importância dentro do contexto do balanço hídrico de determinado local e pode alterar o mecanismo de entrada de água na superfície do solo (MOURA et al., 2009; Freitas et al., 2013) assim como o dossel também é influenciado por esses fatos.

Além disso Pezzopane et al. (2000) reportaram que saldo de radiação, a radiação solar global e a radiação fotossinteticamente ativa são significativamente atenuados pelo dossel da floresta com máximos registrados de 90,5%, 89,4% e 94,4% respectivamente. Sendo essa atenuação em função do índice de área foliar, da orientação da encosta e das condições atmosféricas locais. No ambiente de floresta a radiação solar ocupa um papel relevante, sendo de fundamental importância nos processos de fotossíntese, aquecimento do ar e superfície e evapotranspiração (MOURA et al., 2010).

A Radiação Global ( $R_g$ ) é a principal componente do saldo de radiação ( $R_n$ ), a qual fornece energia para os processos de evapotranspiração, aquecimento e resfriamento do ar e do solo em um cultivo (PEZZOPANE & PEDRO JUNIOR, 2003; HELDWEIN et al., 2012). A caracterização da radiação solar dentro do dossel da vegetação em fragmentos florestais é importante como subsídio para compreender o processo de sucessão em floresta secundária. Entretanto, essa caracterização da radiação solar no dossel de uma floresta tropical é complexa, uma vez que existem vários estratos que interceptam essa radiação e condicionam a distribuição vertical da radiação solar e das espécies arbóreas (PEZZOPANE et al., 2000).

Salmon et al. (2008) em estudo sobre duas florestas alpinas no oriente italiano encontraram relações entre a entrada de energia solar (radiação solar direta -  $R_d$ ), abundância animal e regeneração florestal sendo elas maiores na floresta com maior índice de  $R_d$ . Além disso, também notaram que a correlação positiva entre a abundância total de fauna do solo e a  $R_d$  sustentava a hipótese “mais indivíduos” (Wright, 1983; Srivastava & Lawton, 1998; Gaston, 2000; Kaspari et al., 2003), na qual se prevê uma relação entre a disponibilidade energética e o número total de indivíduos vivos, tendo em conta um aumento da temperatura do solo (Imbeck & Ott, 1987), o que cria melhores condições para a sobrevivência e o desenvolvimento de comunidades de microrganismos e, por conseguinte, de artrópodes do solo (PARMELEE, 1995).

Segundo Carneiro et al. (2013), a variação estacional do saldo de radiação nas áreas de floresta de Mata Atlântica e canavial é significativa; na cana-de-açúcar houve uma redução de 13,5% da época seca para a época chuvosa, na floresta esta redução foi de 61%. Isto concorda com a afirmação de Moore (1976), que as diferenças no saldo de radiação entre os sítios experimentais estão relacionadas com as diferenças no albedo (reflexão) e temperatura do solo (emissão de ondas longas) que, neste caso, são menores na floresta.

Santos et al. (2012) afirmam que durante o período seco o saldo de radiação a 2 m de altura em remanescente de Mata Atlântica apresentou média diária de  $5,3 \text{ Wm}^{-2}$ , enquanto a média diurna foi de  $11,0 \text{ Wm}^{-2}$  e a noturna de  $-2,9 \text{ Wm}^{-2}$ . Já no período chuvoso a média diária foi de  $3,2 \text{ Wm}^{-2}$ , com registro médio diurno de  $10,1 \text{ Wm}^{-2}$  e  $-3,5 \text{ Wm}^{-2}$  no noturno.

Dentro do exposto, objetivou-se analisar o que a troca de vegetação nativa de Mata Atlântica por canavial impacta no comportamento do saldo de radiação ( $R_n$ ) por comparação e estatísticas.

## 2. Metodologia de Trabalho

Utilizou-se dados referentes ao período entre janeiro/2015 a dezembro/2015 em dois sítios experimentais: Mata Atlântica e Canavial. Porém os dados de radiação no Canavial são referentes ao período de rebrota e desenvolvimento da cultura até a fase da colheita, de janeiro/2015 a outubro/2015.

Os dados referentes a Mata foram obtidos através de uma torre micrometeorológica com altura de 26m (10°00'37"S; 36°17'60"W; alt.160m; Datum WGS84), instalada dentro de uma Floresta Ombrófila Aberta em transição para Floresta Estacional Semidecidual na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) – Lula Lobo I, no município de Coruripe, Alagoas. Nela foram instalados diversos sensores para monitorar diferentes variáveis (radiação solar global, saldo de radiação, temperatura do ar e do solo, umidade relativa do ar, velocidade do vento, precipitação etc.) (CARNEIRO et al., 2013).

No Canavial as medições foram realizadas através de um tripé micrometeorológico de altura variável situado dentro do canavial da Usina Utinga Leão (09°32'35"S; 35°57'49"W; alt.130m; Datum WGS84), Rio Largo-AL, onde também foram dispostos vários sensores para o monitoramento de variáveis meteorológicas. Nas duas estações, as medições foram realizadas a cada 20 segundos e registradas médias a cada 10 minutos.

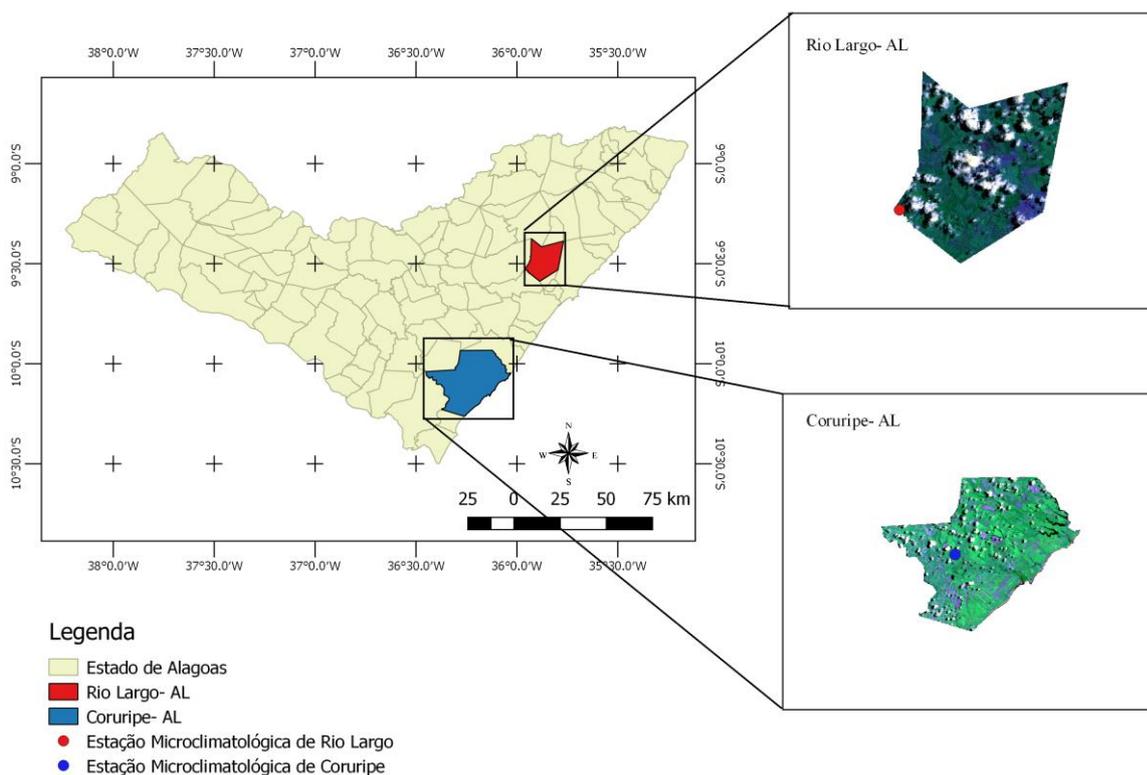


Figura 1 – Localização das estações micrometeorológicas utilizadas no experimento.

Também foram utilizados dados de acumulado pluviométrico de 10 minutos para o Canavial cedidas e mensuradas pela estação automática agrometeorológica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL); normais climatológicas referentes a Coruripe e Maceió (pontos mais próximos aos respectivos sítios) disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (link: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>).

Foi utilizado Excel 2013 para a montagem do banco de dados, cálculos de médias horárias-diárias, horárias-mensais, horárias-anuais, mensais, diárias, percentuais, percentis e outros cálculos, Minitab 17 para Mann-Kendall e Surfer 11 e Excel 2013 para a plotagem dos respectivos gráficos.

Calculou-se os percentis 0,90, 0,95 e 0,99 (p.90, p.95 e p.99, respectivamente) dos totais diários. Os dois primeiros são destacados por isolinhas pretas na figura correspondente à distribuição pluvial, sendo p.95 aquele que sempre aparece dentro da isolinha de p.90. Contudo, a isolinha de p.99 não foi demarcada porque o somatório horário-mensal da precipitação camuflaria os eventos mais extremos do ano, uma vez que os mesmos são poucos casos.

A representação da variação dos histogramas do RnM e RnC em porcentagem para valores maiores que  $0 \text{ Wm}^{-2}$  dos dados com frequência de 10 minutos, onde o eixo das abcissas indica os meses e o eixo das ordenadas indica as classes. As classes estão em intervalos de  $100 \text{ Wm}^{-2}$  sendo a primeira classe representante de valores entre  $0 \text{ Wm}^{-2}$  e  $100 \text{ Wm}^{-2}$ . Valores abaixo de  $0 \text{ Wm}^{-2}$  não foram incluídos na análise de histogramas, entretanto tais valores representam aproximadamente 50% dos dados de Rn.

O teste de Mann-Kendal (MK) consiste em analisar se há tendência monótona no conjunto de dados, isto é, se a variável cresce ou decresce ao longo do tempo, todavia a tendência pode não ser linear. Foi considerado a não existência de tendência monótona como hipótese nula em ambos os sítios. A hipótese alternativa de que há tendência é suportada quando  $p\text{-value} < 0,05$ .

### 3. Resultados e Discussões

#### 3.1 Precipitação

No período analisado, os totais anuais de chuva na Mata e no canavial foram 14% e 31% abaixo da normal climatológica, respectivamente. Esta redução nas chuvas aconteceu devido à um intenso El Niño que teve picos comparados aos El Niños de 1982-83 e 1997-98 (OMM – Organização Mundial de Meteorologia). Padrões semelhantes aos encontrados neste trabalho foram também observados em 2010 por Andrade et al. (2011) e Carneiro (2014) na Mata. Em 1999 (ano de La Niña) Santos (2001) também observou secas intensas (50% abaixo da normal) em Maceió. Estes últimos dois locais são próximos ao canavial aqui abordado.

Ao todo o acumulado anual de chuva no Canavial (ChuvaC) foi 1433,3 mm e 1017,2 mm na Mata (ChuvaM), sendo então a Mata 29% menos chuvosa do que o Canavial (Figura 2). A mesma análise em uma subdivisão quadrimestral indicou que a diferença percentual da ChuvaM em relação a ChuvaC cresce a uma taxa de, aproximadamente, 1,7% ao mês, sendo a precipitação na Mata menor cerca de 16%, 28% e 48% no primeiro, segundo e terceiro quadrimestre, respectivamente. Em subdivisões menores não foi notado esse tipo de tendência, porém essa análise em agrupamentos quadrimestrais é válida para a averiguação de uma possível constância na proporcionalidade da precipitação em sítios degradados ou com vegetação alterada.

A estação seca (novembro a fevereiro), de transição (março a abril e setembro a outubro) e chuvosa (maio a agosto) são coincidentes em ambos os sítios. Na Mata, a estação seca totaliza 9% do total de chuvas, as estações de transição, 18%, e a quadra chuvosa, 73%. Já no Canavial, os totais das estações secas, de transição e chuvosa somam 17%, 11% e 72%, respectivamente. Por outro lado, as normais climatológicas da Mata nas estações secas e de transição e chuvosa somam, respectivamente, 9%, 34% e 56%; quanto a normal climatológica referente ao Canavial nos mesmos e respectivos períodos somam, 13%, 32% e 55%.

Em comparação, percebe-se uma redução no período de transição de 17% na Mata e 21% no Canavial o que caracteriza um estreitamento do período chuvoso nas regiões, i. e. chuvas

menos distribuídas durante o ano. Portanto, nas demais estações houve acréscimo na precipitação, sendo na estação chuvosa mais significativo de, aproximadamente, 16% para os dois sítios. Nas estações secas não houve acréscimo para a Mata, mas houve acréscimo de 5% no Canavial.

A Figura 2 dispõe dos acumulados mensais de precipitação na Mata e no Canavial e suas respectivas normais climatológicas onde é possível observar que de março a maio houve um grande déficit consecutivo de precipitação. Embora maio seja caracterizado como um mês componente da quadra chuvosa e representa o pico chuvoso climatológico no Canavial, é também o mês com maior deficiência hídrica em relação à normal. Todavia, no mesmo mês, na Mata, a diferença da chuva em relação à normal não é tão acentuada quanto no canavial.

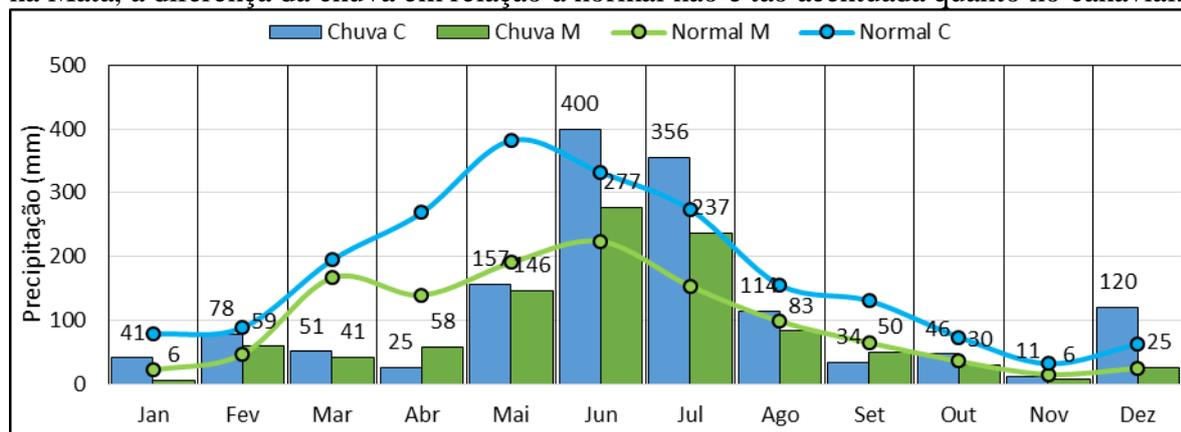


Figura 2 – Acumulado pluviométrico mensal e Normais Climatológicas (mm) na Mata (ChuvaM) e Canavial (ChuvaC).

O estreitamento do período chuvoso pode também ser observado nas distribuições horárias dos acumulados pluviométricos dos dois sítios (Figuras 3 a) e b), além disso ambas as distribuições se distinguem pela frequência de chuvas e a duração das mesmas. Por um lado, os núcleos de chuva que se apresentam, em comparação visual, concêntricos e com isolinhas próximas indicam chuvas restritas ou isoladas ao período em questão; por outro lado, os núcleos de chuva que se apresentam mais alongados na horizontal (eixo das horas), indicam chuvas mais duradouras, melhor distribuídas no dia. Isto facilita o entendimento do comportamento das componentes descendentes (energia com direção ao solo) do saldo de radiação ( $R_n$ ), pois a relação da nebulosidade com a chuva é direta.

A Figura 3 a) mostra que, de maneira geral, as chuvas abaixo de p.90 são identificadas fora da quadra chuvosa com exceção do íterim entre as 16h e 21h, onde são observados valores abaixo de p.90 durante todo o ano. Já as chuvas mais intensas são encontradas predominantemente nos meses de junho e julho, conforme pode ser visto de acordo com a isolinha de p.90 que abrange a maior parte das horas do mês.

A figura 3 b) é caracterizada por núcleos concêntricos que indicam chuvas isoladas. O período matutino é marcado pela presença de chuva, entretanto, ao contrário do observado na Mata (Figura 3 a), o íterim das 16h às 21h representa uma parcela significativa das chuvas do mesmo período (junho e julho). O núcleo observado em julho, as 2h, excepcionalmente, representa várias chuvas que aconteceram rigorosamente neste horário durante todo o mês enquanto os demais núcleos não foram formados por chuvas com essa frequência. Em outras palavras, a apresentação dos acumulados horários-mensais é útil para detecção de eventos com periodicidade persistente, mesmo que os sinais dos eventos individualmente sejam fracos.

Tanto na Mata (Figura 3 a) quanto no canavial (Figura 3 b), na estação seca e de transição, os períodos com maior predominância de chuva são observados no turno matutino, enquanto os períodos com pouca ou nenhuma ocorrência de chuvas são observados,

predominantemente, no vespertino. Já no período chuvoso, as distribuições das chuvas distinguem-se, principalmente, na duração das chuvas, sendo estas mais duradouras na Mata e, por consequência, menos intensas. Este efeito também pode ser observado nos percentis, enquanto p.90 na Mata se estende durante todo o período matutino, no canalial as isolinhas de p.90 são concêntricas e aparecem em horários distintos.

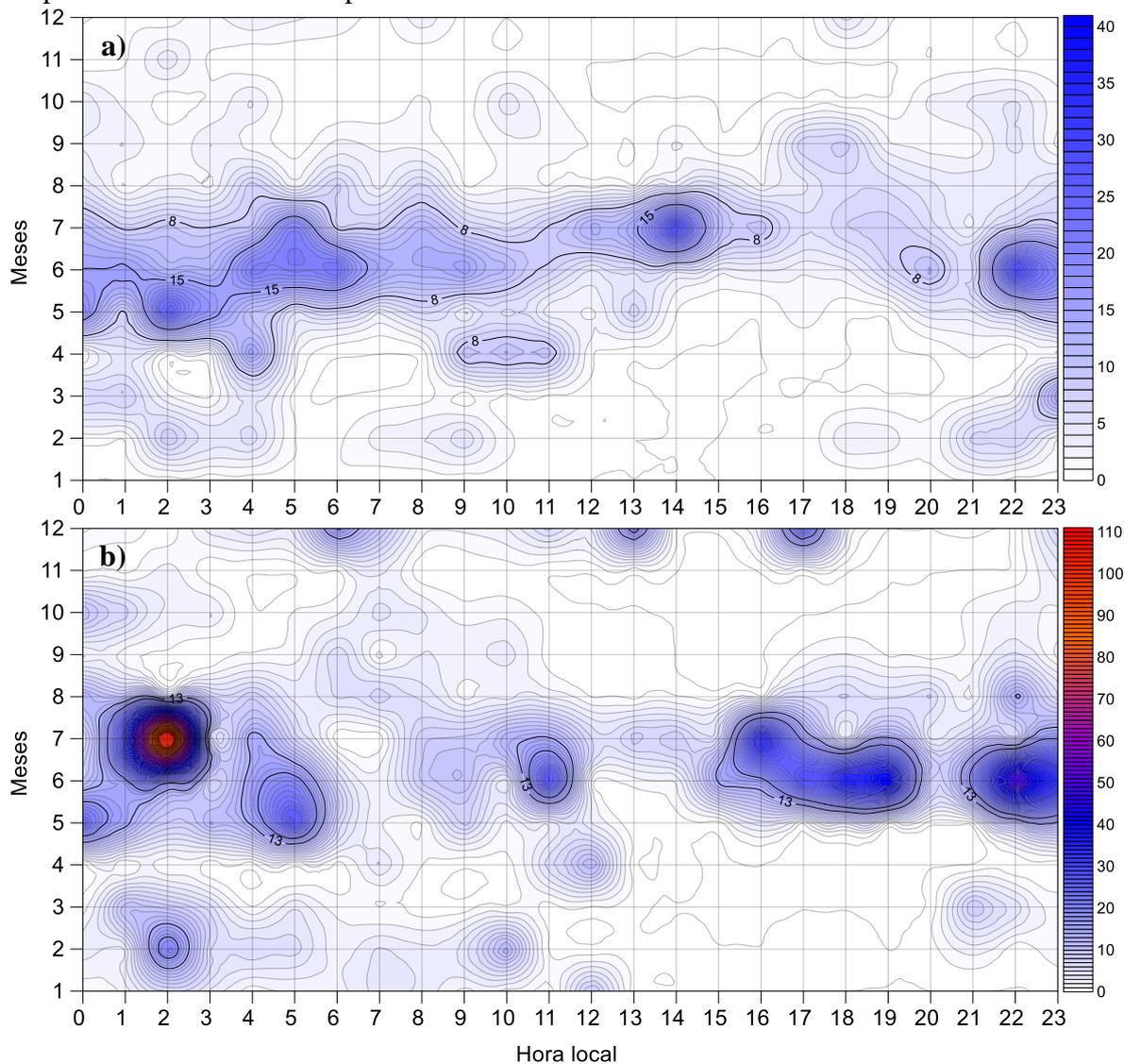


Figura 3 – Variação temporal do total horário acumulado pluviométrico (mm) na a) Mata e b) no canalial e isolinhas p.90 e p.95.

Vale salientar que os valores fora da isolinha p.90 correspondem a 90% dos valores dos acumulados diários sendo estes organizados em ordem crescente, da mesma maneira que os valores contidos na isolinha p.95 representam 5% dos valores diários de chuva em ordem crescente.

Tabela 1 – Percentis dos acumulados diários de precipitação na Mata (ChuvaM) e no canalial (ChuvaC).

	<b>p.90</b>	<b>p.95</b>	<b>p.99</b>
<b>Chuva C</b>	13,0 mm	17,4 mm	30,2 mm
<b>Chuva M</b>	8,0 mm	14,8 mm	39,3 mm

O valor de p.90 na Mata é cerca de 40% menor do que no canal, o que implica afirmar que a maior parte das chuvas que aconteceram na Mata são menos intensas do que no canal. Em contrapartida os eventos extremos, entenda-se p.99, são 20% mais intensos na Mata, porém apenas com o percentil não se pode inferir sobre suas respectivas frequências.

Então, pode-se observar na Figura 4 que, uma vez que p.99 no canal é menor (30 mm), o número total de eventos extremos soma 4. Já na mata a soma de eventos p.99 é 2. Porém, se tomarmos 30mm como o limite para a caracterização de um evento extremo de chuva, a soma dos eventos extremos no canal e na Mata são, respectivamente, 4 e 6.

De fato, calcular p.99 significa identificar os casos extremos do espaço amostral. Entretanto, esta definição pode não ser adequada para comparações entre biomas distintos, mesmo que ambos sejam geograficamente próximos e, portanto, marginais aos mesmos sistemas meteorológicos de mesoescala, pois uma vez que possa existir uma taxa de precipitação (mm/h) mínima e específica que implique em impactos danosos aos biomas, principalmente sendo um bioma de cultivo, como é o caso do canal, essa taxa deve ser tomada como critério de classificação de eventos extremos. Ou seja, se o intuito da comparação é identificar impactos aos biomas, um valor deve ter sido previamente estipulado e ser usado como limite mínimo para classificação de eventos extremos.

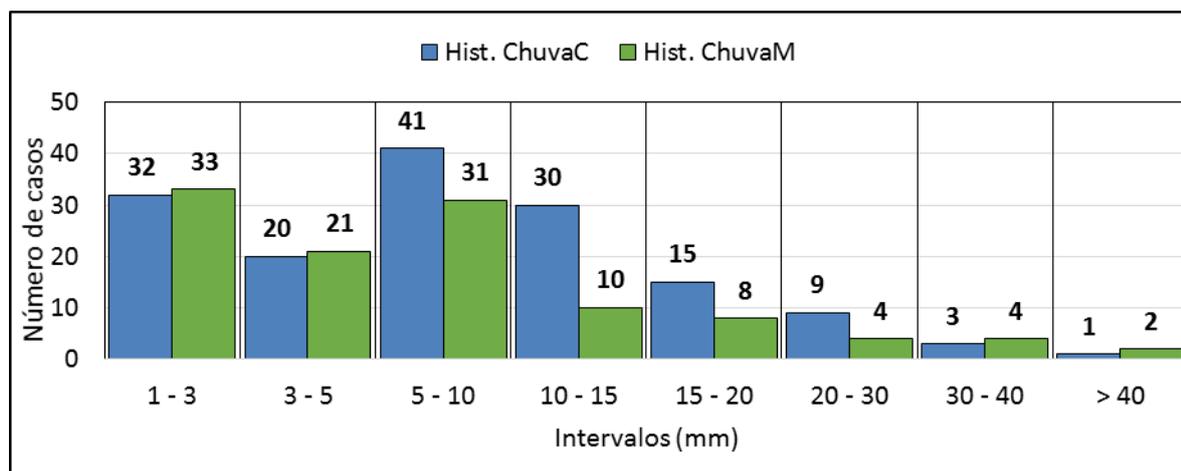


Figura 4 – Histograma de precipitação na Mata e no Canal.

### 3.2 Radiação Solar Global

O Sol atinge os zênites locais em fevereiro e outubro e são nestes meses onde a radiação atinge a superfície de maneira mais perpendicular, com mais intensidade, todavia os picos de radiação solar global (Rg) não são observados nestes meses (Figura 5). Os maiores Rg ocorreram nos meses janeiro e setembro. Os ápices de Rg aconteceram nos meses mais próximos dos meses do zênite e com menor precipitação. Este fato reforça a premissa de que o maior fator de interferência na entrada de radiação para latitudes tropicais e médias é, de fato, a cobertura de nuvens.

Tomando a distribuição temporal da chuva (Figura 3 a) como indicador de nebulosidade, percebe-se que em junho, mês mais chuvoso em ambos os sítios (Figura 2), apresenta os menores valores de Rg (Figura 5), enquanto que em fevereiro, por ter uma distribuição pluvial significativa nas primeiras seis horas do dia (Figura 3 a), apresenta uma pequena defasagem (1h, aproximadamente) em relação aos meses vizinhos na isolinha de  $200 \text{ Wm}^{-2}$  (Figura 5), justamente pela influência da nebulosidade. Em termos médios, a quadra chuvosa sofreu uma atenuação esperada de 20% em relação a média das estações secas ( $530 \text{ Wm}^{-2}$ ) devido à presença das chuvas características desta época.

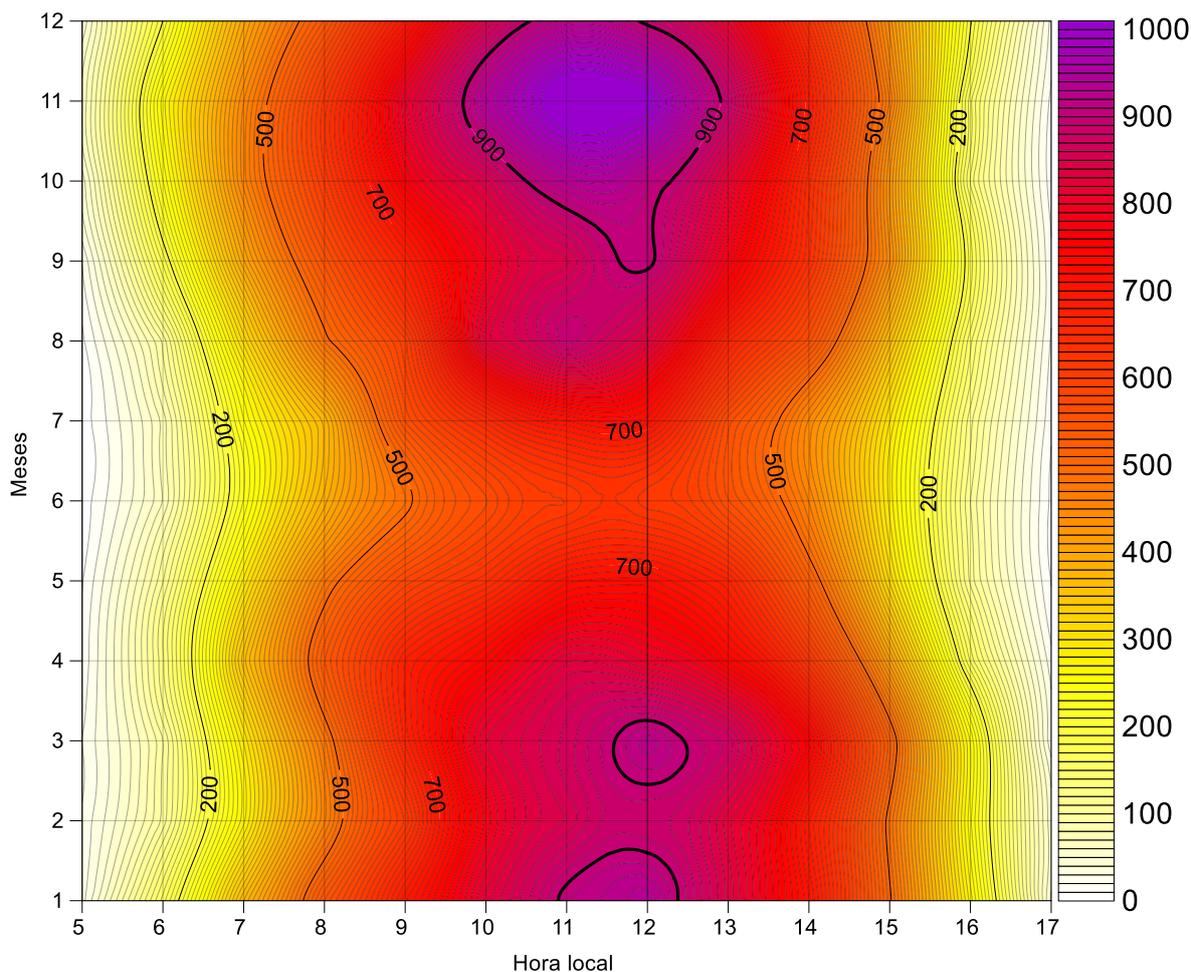


Figura 5 – Variação temporal da Radiação Solar Global ( $R_g$ ) acima do dossel da Mata em  $Wm^{-2}$ .

Padrões semelhantes na distribuição de  $R_g$  (Figura 5), porém com valores mais elevados, foram observados por Querino et al. (2011) em manguezal próximo ao canal aqui abordado. Pode-se entender, então, que a  $R_g$  é similar para toda essa área e que a Figura 5 é representativa para o canal. Sendo o  $R_g$  o mesmo para ambos os sítios, subentende-se que a transmitância e índice de nebulosidade nos dois sítios são semelhantes também, logo é mais provável que as diferenças encontradas no  $R_n$  entre os sítios sejam causadas por características das superfícies vegetais e do solo.

### 3.3 Saldo de Radiação

A Figura 6 a) e b) refere-se as curvas médias horárias-mensais do saldo de radiação ( $R_n$ ) durante o período de cultivo da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), janeiro a outubro, nos dois sítios. À exceção de junho e julho, no início do período noturno (Figura 6 a), é presente um pico de  $-40 Wm^{-2}$ , essa faixa estende-se durante todo o período noturno nos meses janeiro e outubro, mas, nos demais meses, a faixa de  $-40 Wm^{-2}$  estende-se somente na primeira metade da noite. Possivelmente isto está relacionado ao menor armazenamento de energia abaixo do dossel proveniente da menor quantidade de  $R_g$ . Também é por este motivo que o pico em junho e julho é  $10 Wm^{-2}$  menor.

Em estudo do Rn em um canal próximo ao canal em tela, Carneiro et al. (2013) observaram valores máximos próximos aos de RnM diurno ( $750 \text{ Wm}^{-2}$ ) e valores mínimos noturnos de  $-150 \text{ Wm}^{-2}$ . Os resultados mínimos por eles encontrados no período noturno são referentes a junho, aparecem em núcleos regularmente repetidos e são discrepantes com os valores apresentados na Figura 6, onde junho tem as menores emissões noturnas e não há ocorrência de núcleos repetidos.

Ressalta-se que a emissão noturna nos meses com maiores Rg e Rn é visto na Figura 5 a) de forma, aparentemente, contínua ou linear, o que pode ser mal interpretado como uma contradição à lei de Stefan-Boltzmann, a qual descreve a emitância de forma exponencial. No caso em questão, entende-se que, possivelmente, por fatores como armazenamento de calor com a profundidade do dossel, capacidade de armazenamento térmico do dossel e nebulosidade noturna geram essas variações da liberação da radiação previamente absorvida.

Já o Rn no Canal (RnC) (Figura 5 b) apresenta uma dinâmica semelhante ao da Mata (RnM), porém em menor amplitude. Os menores valores do RnC diurno devem estar em função do maior albedo do canal em comparação com o dossel da Mata Atlântica. Em geral, as isolinhas sempre são vistas síncronas com as observadas na Mata (Figura 5 a) justamente pela pequena diferença longitudinal entre os dois sítios.

O RnC no período noturno também é menor, em termos de emissão. Isso possivelmente deve ser ocasionado por fatores estruturais do dossel canavieiro, principalmente pela capacidade de armazenamento térmico das folhas. A queda acentuada da emissão noturna de RnC se deve a menor profundidade do dossel canavieiro que tende a reter menos calor em comparação com a Mata Atlântica.

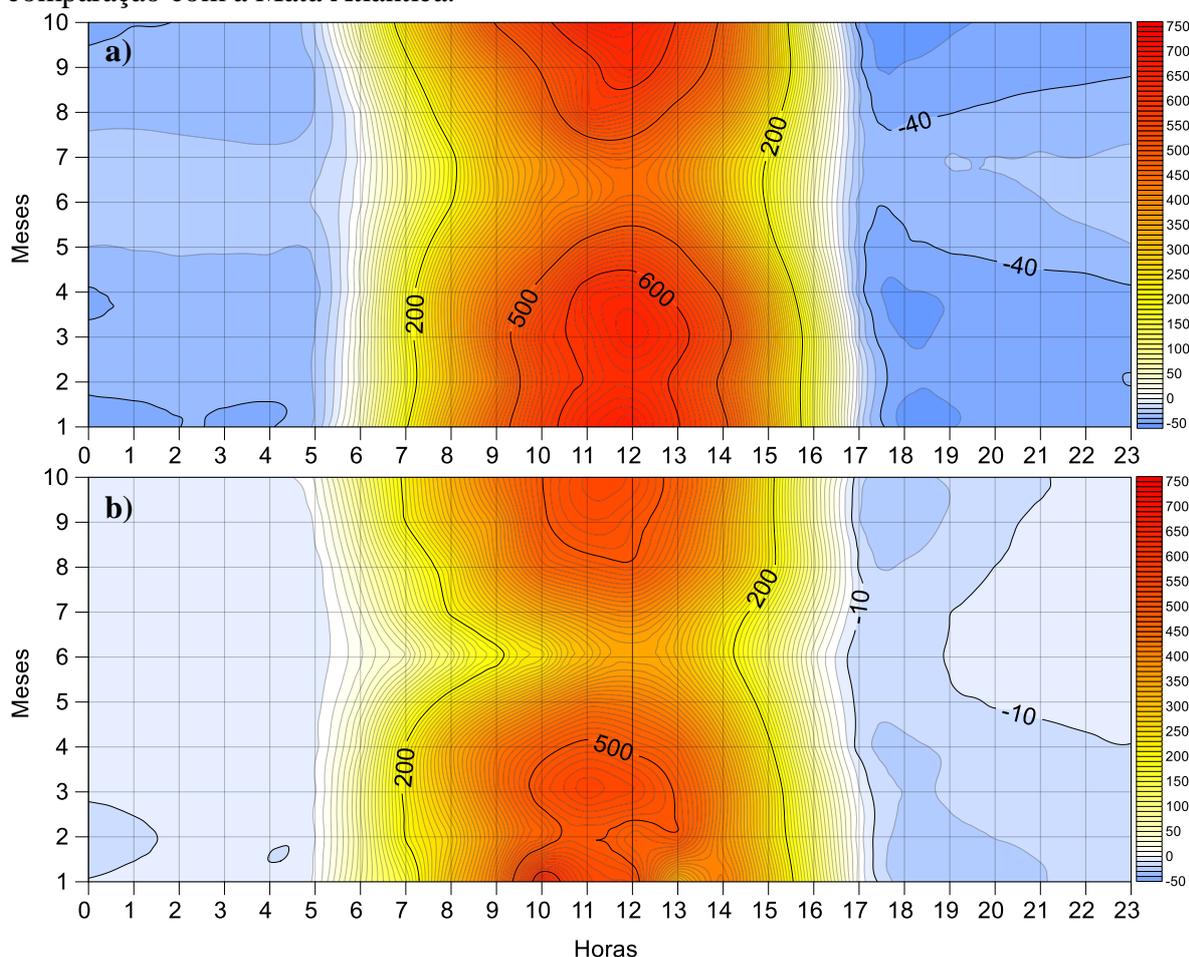


Figura 6 – Variação temporal do Saldo de Radiação (Rn) a) acima do dossel da mata (RnM) e b) acima do dossel do canal (RnC) em  $\text{Wm}^{-2}$ .

Foi notado que no segundo semestre os máximos diários do RnC são menores. Supõe-se então que haja uma variação do Rn em função do crescimento da cana. À medida que a cana cresce, há aumento do índice de área foliar (IAF), albedo e absorvância do dossel. André et al. (2010) em um canal de Campos dos Goytacazes-RJ observaram esses fatos, porém, não observaram variação do Rn em função do crescimento da cana.

Para conferir se há tendência no RnC à medida do crescimento da cana, foi utilizado Mann-Kendal como teste de tendência em ambos os sítios. A Tabela 2 dispõe os resultados do teste MK para as médias diárias de Rn dos dois sítios, onde é possível notar que embora pudesse ser esperado uma tendência negativa em RnC, não existe evidência através do método de análise adotado para suportar tal hipótese. Por outro lado, os dados da Tabela 2 sugerem que há uma certa estabilidade nas médias diárias de RnM e RnC ao longo do período de estudo.

Tabela 2 – P-values do teste Mann-Kendall de tendência para os dois sítios experimentais.

	Tendência Negativa	Tendência Positiva
RnM	0,90959	0,09041
RnC	0,421174	0,578826

A interpolação dos histogramas para a confecção da Figura 7 faz com que seja possível que o somatório das isolinhas de frequência seja maior que 100%, porém este tipo de figura é útil para verificar se há simetria sazonal na distribuição das classes adotadas e proporciona uma visualização mais dinâmica e resumida dos dez histogramas necessários para a mesma análise.

Como há 50% de dados distribuídos durante as 12 horas do período diurno, o valor médio da distribuição é 4,16% para cada hora. Disto, a maior presença de áreas alaranjadas (de 3% a 6% do total dos dados) em todas as classes na Figura 7 a) em comparação com a Figura 7 b), principalmente no primeiro semestre, indica que a distribuição dos valores do RnM é mais homogênea do que o RnC.

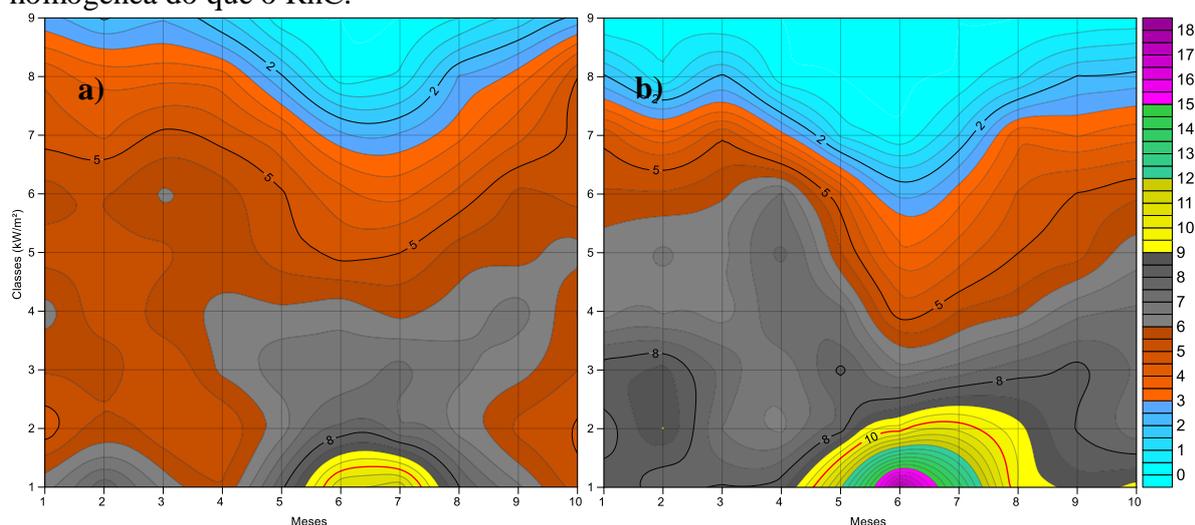


Figura 7 – Variação dos histogramas em porcentagem do Rn na a) Mata e b) no canavial.

Na Figura 7 a), em junho e julho, é possível ver o núcleo com as maiores frequências (maiores do que 9%) do RnM, já o núcleo com as maiores frequências do RnC é visto na Figura 6 b) de abril a setembro. O que é importante ressaltar é que quanto mais esférico é o núcleo com as maiores frequências, melhor é a simetria entre os semestres. A simetria sugere que as mesmas forças no primeiro semestre são mantidas no segundo e não há alteração nas mesmas nem entrada de outras.

No caso da assimetria observada na Figura 7 b), entende-se que as alterações morfológicas da cana-de-açúcar ao longo do seu desenvolvimento, como o crescimento do índice de área foliar (IAF) e a altura do dossel, proporciona uma maior reflexão da radiação solar incidente, alterando a configuração do RnC. Por outro lado, a Mata demonstra-se estável em todo o período de análise.

No caso do núcleo do RnC é visto um alongamento em direção aos meses seguintes, o que significam que as duas primeiras classes são mais frequentes após o período chuvoso no canalial. Em outras palavras, pouca energia em uma parcela significativa do período diurno. Além disso, nota-se que a região acinzentada (de 6% a 9% do total dos dados) ganha destaque no segundo semestre na Mata ao mesmo tempo que a região alaranjada ganha destaque no canalial.

É esperado que as primeiras classes tenham uma maior frequência em relação as demais, visto que os as últimas classes representam os maiores valores e, portanto, pontos de inflexão da curva diurna do Rn, isto é, pontos que só aparecem uma vez. Todavia, os maiores valores de Rn acontecem em paralelo com os maiores desvios da média e onde são observados os maiores erros em estimativas (e. g. Bisht & Bras, 2010).

A Figura 8 mostra a média dos desvios padrões (DP) durante o período de plantio da cana para cada hora do RnM e RnC. Em geral o DP do RnM é 1,5 vezes maior no período diurno e 3,6 vezes maior durante a noite em comparação com o DP do RnC. Não obstante, o RnM é 1,2 vezes maior no período diurno e 3,8 vezes maior (em módulo) no período noturno do que o RnC. Isso demonstra que o DP do Rn nos dois sítios é similar e condizente com a proporção do RnM em relação ao RnC.

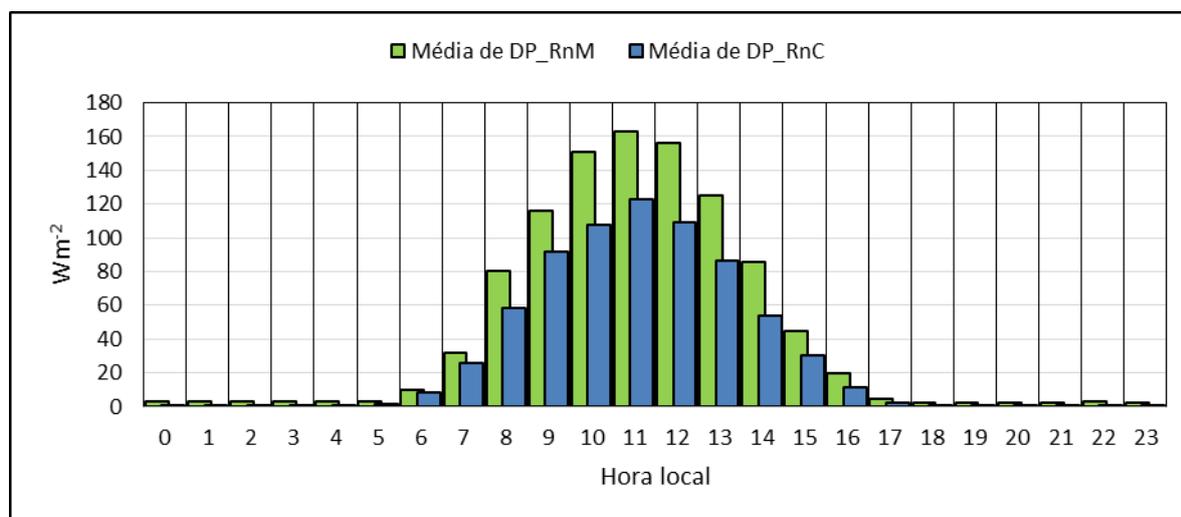


Figura 8 – Médias horárias- anuais dos desvios padrões (DP) do RnM e RnC.

A obstrução da entrada da radiação descendente, principal parcela do Rn diurno, por nuvens no momento dos máximos de Rn deve ser o principal motivo do maior DP. Enquanto que no período noturno outros fatores podem ser significativos no DP do Rn como a reflexão de OL por nuvens ou a absorção de OL), a qual é maior na Mata, pelo CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono devido à respiração vegetal e microrganismos decompositores de matéria morta e H<sub>2</sub>O (vapor d'água) devido à evapotranspiração. A influência da nebulosidade sobre o Rn noturno pode durar poucos minutos, diferentemente da influência da respiração e evapotranspiração que deve ter um período semidiurno e sazonal de influência.

#### 4. Conclusões

A precipitação na Mata e no canalial foram, respectivamente, 14% e 31% abaixo do esperado devido ao forte El Niño atuante no período de estudo.

O El Niño causou um estreitamento no período de chuvas, restringindo-as para o período chuvoso.

A variação da precipitação é proporcionalmente igual nos sítios, mas é aproximadamente 30% menor na Mata.

A substituição da Mata Atlântica por canalial impacta em menores Rn.

O Rn é maior em módulo na Mata do que na Cana durante todo o ano, sendo que, em média, 1,2 vezes no maior no período diurno e 3,8 vezes maior no período noturno.

O principal motivo da diferença diurna dos Rn é a nebulosidade e o albedo, enquanto no período noturno é a diferença na capacidade de armazenamento térmico abaixo do dossel.

As variações morfológicas da cana-de-açúcar diminuem a disponibilidade energética (RnC).

#### Referências

ANDRADE, A. M. D. D., MOURA, M. A. L., SANTOS, A. B. D., CARNEIRO, R. G., & SILVA JUNIOR, R. S. D. Incident and reflected Photosynthetically Active Radiation above and below canopy in the Mata Atlantica forest in Coruripe, Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 1, p. 68-79, 2014.

ANDRÉ, R. G. B., MENDONÇA, J. C., Marques, V. D. S., Pinheiro, F. M. A., & Marques, J. Aspectos energéticos do desenvolvimento da cana-de-açúcar. Parte 1: balanço de radiação e parâmetros derivados. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 3, p. 375-382, 2010.

BISHT, G.; BRAS, R. L. Estimation of net radiation from the MODIS data under all sky conditions: Southern Great Plains case study. **Remote Sensing of Environment**, v. 114, n. 7, p. 1522-1534, 2010.

CARLOS, H. D. A., FERNANDES, P. D., AZEVEDO, H. M., & NETO, J. D. (2008). Índices de crescimento da cana-de-açúcar irrigada e de sequeiro no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 4, p. 356-362, 2008.

CARNEIRO, R. G., MOURA, M. A. L., LYRA, R. F. F., ANDRADE, A. M. D., SANTOS, A. B., MAIA, R. G. X. Fluxo de calor do solo e saldo de radiação dentro de uma área de Mata Atlântica em comparação com uma de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Geografia Física** v. 06, n. 03, p. 555-565, 2013.

FREITAS, J. P. O.; DIAS, H. C. T.; BARROSO, T. H. A.; POYARES, L. B. Q. Rainfall distribution in the Atlantic Rainforest. **Revista Ambiente & Água**, v. 8, n. 2, p. 100-108, 2013.

GUIMARÃES, H. B.; BRAGA, R. A. P.; DE OLIVEIRA, T. H. Evolução da condição ambiental em fragmentos de mata atlântica na região metropolitana do Recife-PE, **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 2, p. 306-314, 2012

HANSEN, M. C.; POTAPOV, P. V.; MOORE, R.; HANCHER, M.; TURUBANOVA, S. A.; TYUKAVINA, A.; THAU, D.; STEHMAN, S. V.; GOETZ, S. J.; LOVELAND, T. R.; KOMMAREDDY, A.; EGOROV, A.; CHINI, L.; JUSTICE, C. O.; TOWNSHEND, J. R. G. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. **Science**, v. 342, n. 6160, p. 850-853, 2013.

Histórico de produção de cana-de-açúcar. Disponível em: <SINDAÇUCAR-AL <http://www.sindacucar-al.com.br/dados-estatisticos/>>. Acesso em: 21.mar.2016.

MACHADO, C. C.; DA SILVA, B. B.; ALBUQUERQUE, J. D. G. Estimativa Do Balanço De Energia Utilizando Imagens Tm-Landsat 5 E O Algoritmo Sebal No Litoral Sul De Pernambuco, **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 1, p. 55-67, 2014.

MYERS, N. "Hot spots" in tropical forests, **Springer Netherlands**, v. 8, n. 3, p. 187-208, 2000.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

PEZZOPANE, J. E. M., REIS, G. G., REIS, M. D. G. F., COSTA, J. M. N., & HIGUCHI, P. Balanço de radiação no interior de uma floresta estacional semidecidual secundária no domínio da Mata Atlântica. Anais: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia. Rio de Janeiro–RJ. 2000.

QUERINO, CARLOS ALEXANDRE SANTOS et al. Estudo da radiação solar global e do índice de transmissividade (kt), externo e interno, em uma floresta de mangue em Alagoas–Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 2, p. 204-294, 2011.

SALMON, A.; ARTUSO, N.; FRIZZERA, L.; ZAMPEDRI, R. Relationships between soil fauna communities and humus forms: response to forest dynamics and solar radiation. **Soil biology and biochemistry**, v. 40, n. 7, p. 1707-1715, 2008.

SANTANA, M. A. A.; CARNEIRO, R. L. C.; NERES, N. L.; GUIMARÃES, P. L. O.; NOBRE, C. A.; ROCHA, H. R.; FREITAS, H. C.; TATSCH, J. D. Calibração e aplicação de protótipos de um sistema de coleta de dados ambientais para medir gradientes de temperatura, umidade relativa e pressão em perfil vertical dentro do dossel de floresta de mata Atlântica, **Rede Metrológica do Estado de São Paulo – REMESP**, 2010.

SANTOS, A. J. B., **Micrometeorologia de um cultivo de cana-de-açúcar**. 2001. 46 p. (MET-UFAL-MS/003. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió. 2001.

World Meteorological Organization, El Niño/La Niña Reports. Disponível em <[http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/enso\\_updates.html](http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/enso_updates.html)>. Acesso em 21.mar.2016.