Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Variação temporal do Vento e sua interação com a produção de Serapilheira em Manguezal da Amazônia

Hyago Elias Nascimento Souza, Maria Isabel Vitorino, Steel Silva Vasconcelos, Eduardo Ribeiro Marinho, Carlos José Capela Bispo

Artigo recebido em 03/07/2019 e aceite em 20/11/2019

RESUMO

O vento é um fator que pode influenciar nos processos ecossistêmicos das florestas, principalmente em regiões costeiras onde sua maior atuação pode contribuir na produção de serapilheira em florestas de mangue. Nesse sentido, foi caracterizada a variação temporal da direção e velocidade do vento e sua influência na produção espaço-temporal da serapilheira em um manguezal da costa amazônica. Foram utilizadas 3 parcelas amostrais com 4 coletores de serapilheira de 1 m² para coletas mensais. A serapilheira foi classificada nas frações folha, lenhoso e material reprodutivo (flor, fruto, propágulos + estípula). Foi realizado levantamento estrutural do mangue. Foram utilizados dados de velocidade e direção do vento da Torre Micrometeorológica da UFRA. Para avaliar a variabilidade de serapilheira ao longo do tempo e espaço em relação a velocidade do vento, foi aplicado a Análise Fatorial em Componentes Principais (ACP). A distribuição mensal de direção do vento mostrou predominância no setor leste (E) e a frequência de ventos com maior velocidade foram registrados no segundo semestre. Foram identificadas três espécies de mangue *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*. A ACP mostrou em 4 componentes correlação negativa com material reprodutivo e correlação positiva com lenhoso associado a variação temporal do vento. Para folha a correlação não apresentou significância estando a produção desta fração sujeita a outras variáveis meteorológicas. Contudo, o vento não apresentou influência direta na produção de serapilheira, porém sua atuação associada a sistemas precipitantes podem contribuir de forma significativa para intensificar a produção.

Palavras-chave: Vento; Serapilheira; Manguezal; Costa Amazônica.

Wind temporal variation and Litterfall production interaction in Mangrove of the Amazon

ABSTRACT

Wind is a factor that can influence the ecosystem processes of forests, mainly in coastal regions where their greater performance can contribute to the production of litterfall in mangrove forests. Was characterized the temporal variation of the direction and wind speed and its influence on the temporal space production of the litterfall in a mangrove of the Amazon coast. Were used 3 plots and 4 traps with 1 m² for monthly collections. The litterfall was classified in the fractions leaf, wood and reproductive material (flower, fruit, propagules + stipules). Was a structural survey of the mangrove. Direction and wind speed data were used for the Micrometeorological Tower of UFRA. To evaluate the litterfall variability over time and space in relation to wind speed, the Principal Components Analysis (PCA) was applied. The monthly distribution of wind direction showed predominance in the eastern (E), frequency of winds with higher velocity were recorded in the second semester. In the studied plots three species *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* and *Laguncularia racemosa* occurred. The PCA shows in 4 components negative correlation with reproductive material and positive correlation with wood associated with the temporal variation of wind. Leaf, the correlation did not present significant being the production of this fraction subject to other meteorological variables. However, the wind had no direct influence on litterfall production, but its performance associated with rainfall systems can contribute significantly to intensify production.

Keywords: Wind; Litterfall; Mangrove; Amazon Coast.

Introdução

A costa amazônica brasileira situada na linha equatorial é coberta pela maior faixa continua

de manguezais do mundo e sua planície permite a livre entrada dos ventos alísios no interior da Amazônia (Souza Filho, 2005). Esses ventos alísios são gerados através da circulação geral da

atmosfera sob efeito da célula de Hadley e são provenientes dos hemisférios norte e sul chamados, respectivamente, de alísios de nordeste e alísios de sudeste (Hartmann, 1994; Reboita et al., 2010).

O vento é o movimento do ar em relação à superfície terrestre, processando-se tanto no sentido horizontal quanto vertical, variando em termos de velocidade e direção de acordo com seus fatores controladores. Tais fatores controladores do vento em regiões costeiras podem ser de mecanismos de circulação de meso à larga escala, tais como Circulação de Brisa, Atividades Convectivas e Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (Mattiuzzi e Marchioro, 2012; Moura e Vitorino, 2012).

A interação dos ventos com os manguezais da costa amazônica ainda é pouco estudada, por isso torna-se importante compreender o efeito da direção e velocidade dos ventos na produção de serapilheira dessas florestas de mangue que predominam nesse litoral (Moraes et al., 2014; Rockett et al., 2017).

A serapilheira do manguezal é todo material vegetal e animal que é depositado sobre o solo da floresta, constituído por folhas, parte lenhosa (galhos, caule, cascas), estípula e material reprodutivo (flores, frutos, propágulos e sementes), além de animais mortos e fezes (Golley, 1983; Fernandes et al., 2007; Silva et al., 2011). Essa serapilheira compõem um complexo sistema de ciclagem de nutrientes que fornecem ao ecossistema nutrição fundamental para sua manutenção (Laanbroek et al., 2018).

Pesquisas realizadas na região costeira da Amazônia, apontam que a precipitação pluviométrica é uma das variáveis com maior influência na produção de serapilheira dos manguezais e na estrutura florestal como altura e área basal (Matni et al., 2006; Mehlig, 2006; Seixas

et al., 2006; Fernandes et al., 2007; Sales et al., 2009). Todavia, ainda são escassos os estudos sobre a interação da dinâmica do vento com a produção de serapilheira.

Diante disso, este trabalho teve como objetivo caracterizar a variação temporal da direção e velocidade do vento e sua influência na produção espaço-temporal de serapilheira em um manguezal da costa amazônica.

Material e métodos

Localização e Caracterização da Área Experimental

Este estudo foi realizado no Sítio Experimental de Cuiarana, pertencente a Universidade Federal do Pará - UFPA e a Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, localizado na Comunidade de Cuiarana (00°39'36"S e 47°15'35"W), município de Salinópolis, costa amazônica do estado do Pará (Figura 1).

O manguezal na área de estudo apresenta feição de floresta de mangue com diferentes espécies arbóreas e uma feição de Apicum caracterizada como uma planície hipersalina, com textura areno-lamosa. No ecótono destas duas feições observa-se ainda a presença de mangue anão, com altura média de 2 metros (Brasil, 2018).

A região apresenta um sistema de macromarés (4 a 6 m de altura máxima), com regime semidiurno. O manguezal em estudo é totalmente inundado apenas nas marés de sizígia e apresenta um relevo entrecortado por canais (*creeks*) que acompanham o nível da maré, permitindo a entrada de água salina no manguezal durante as marés de quadratura (Barbosa et al., 2015; Souza Filho, 2005).

Figura 1. Localização geográfica da torre micrometeorológica, feição floresta de mangue e feição apicum da área de estudo no manguezal de Cuairana, Salinópolis-PA.

Coleta de dados

Na floresta de mangue foram delimitadas 3 parcelas amostrais de 20 m x 20 m denominadas de A, B e C como observado na Figura 1. Em cada parcela foram instalados aleatoriamente 4 coletores de serapilheira suspensos a 1,5 m do solo, cada um com área de coleta de 1 m². As coletas de serapilheira foram realizadas mensalmente, de agosto de 2017 a julho de 2018.

As amostras foram classificadas nas seguintes frações: (a) folha, (b) lenhoso, (c) material reprodutivo (flor, fruto, propágulos + estípula). Após a classificação, as amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 65° C até atingir peso constante, e posteriormente pesadas em balança com precisão de 0,01 g. Foi calculada a produção média mensal de serapilheira para cada fração (Fernandes et al., 2007; Silva et al., 2011).

Para a caracterização da estrutura da vegetação foi adaptada a metodologia descrita por Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986). Foram medidas e identificadas todas as espécies de mangue dentro de cada parcela com DAP $\geq$ 2,5 cm (diâmetro a altura do peito a 1,30 m do solo) e indivíduos com altura superior a 1 m. Indivíduos mortos não foram contabilizados.

Para descrever a velocidade e direção do vento durante o período do experimento, utilizaram-se dados horários de vento (m/s) obtidos a partir da média dos dados a cada 10 minutos de um anemômetro instalado a 12 m de altura na Torre Micrometeorológica da UFRA localizado dentro do Sítio Experimental de Cuairana a aproximadamente 400 m das parcelas amostrais.

Análise de dados

Para análise da frequência de direção e velocidade dos ventos da área de estudo, os dados horários foram calculados e agrupados quanto a sua ocorrência dentro de 16 setores de direção (norte N; norte-nordeste NNE; nordeste NE; leste-nordeste ENE; leste E; leste-sudeste ESSE; sudeste SE; sul-sudeste SSE, sul S; sul-sudoeste SSW; sudoeste SW; oeste-sudoeste WSW; oeste W; oeste-noroeste WNW; Noroeste NW; norte-noroeste NNW) e 6 classes de velocidade em m/s (calmaria; 0.10 - 1.00; 1.00 - 2.00; 2.00 - 3.00; 3.00 - 4.00; 4.00 - 5.00) (Pearce e Walker, 2005; Rockett et al., 2017).

Posteriormente, foi realizada a representação gráfica por meio da rosa dos ventos, apresentando a distribuição da frequência percentual dos ventos por direções. Para a análise estatística e plotagem da rosa dos ventos foi

utilizado o *software* WRPLOT (www.lakes-environmental.com).

Para a estrutura da floresta, foram calculados a Área Basal ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$), Densidade Relativa (%) e Dominância Relativa (%) de cada espécie (Carvalho e Jardim, 2017). Para avaliar a variabilidade de serapilheira ao longo do tempo e espaço em relação a velocidade do vento, foi aplicado a Análise Fatorial em Componentes Principais (ACP). Assim, foram utilizados os dados mensais de produção de serapilheira das frações folha, lenhoso e material reprodutivo e a velocidade do vento com maior frequência mensal.

Os dados foram organizados em uma matriz de covariância no modo S ($n \times k$), onde n corresponde ao tempo (12 meses/linhas), e k corresponde as variáveis de vento e serapilheira das 3 parcelas estudadas (12 variáveis/12colunas), ou seja, a matriz original corresponde a 12 valores temporais e 12 valores espaciais. Os mapas espacializados dos autovetores foram gerados através do método da Krigagem, para a avaliação simultânea com os autovalores (Wilks, 2006; Amanajás e Braga, 2012; Santos et al., 2016; Moura et al., 2018).

Resultados e discussão

Análise das características do vento

Ventos com magnitudes acima 3,00 m/s ocorrem com maior frequência durante o segundo

semestre do ano, destacando-se o trimestre de setembro-novembro (SON). E, ventos com magnitudes abaixo de 3,00 m/s ocorrem com maior frequência no primeiro semestre, onde o trimestre de março-maio (MAM) apresentou maiores ocorrências na classe entre 0.10 – 1.00 m/s e calmarias (Tabela 1).

A magnitude desses ventos locais está associada com o fluxo médio dos ventos alísios que através do deslocamento das cristas subtropicais pode alterar a velocidade da circulação local (Baptista, 2003). Além disso, devido a proximidade com o oceano, a circulação de brisa marítima (BM) atua no mesmo quadrante de direção da média de fluxo dos alísios, intensificando a velocidade dos ventos (Frizzola e Fisher, 1963; Atkinson, 1981; Costa e Lyra, 2012; Santos et al., 2013; Germano et al., 2017).

Ventos com velocidades menores são mais frequentes durante a atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) em MAM. De acordo com Moura e Vitorino (2012) e Moura et al. (2018) a ZCIT atua na costa amazônica nesse período, e devida a alta atividade convectiva associada a este sistema, o fluxo médio de ventos pode sofrer atenuação, conhecido por zona de calmaria, reduzindo assim a magnitude do vento que entra na costa (Nobre e Shukla, 1996; Germano et al., 2017).

Tabela 1. Distribuição mensal da frequência de vento em diferentes classes durante o período de agosto de 2017 e julho de 2018 em Cuairana, Salinópolis-PA.

Meses	Distribuição da frequência de ventos (%)					
	Classes de velocidade do vento (m/s)					
	Calmaria	0.10 - 1.00	1.00 - 2.00	2.00 - 3.00	3.00 - 4.00	4.00 - 5.00
ago/17	0.1	5.0	30.2	38.4	23.8	2.3
set/17	0	2.1	18.2	40.4	31.8	7.4
out/17	0	0.3	16.8	47.4	31.0	4.3
nov/17	0	1.1	18.1	52.4	26.9	1.4
dez/17	0	3.6	26.1	47.6	21.4	1.2
jan/18	0.1	15.7	27.7	47.3	9.0	0.0
fev/18	0.1	26.3	39.4	31.0	3.0	0.0
mar/18	0.2	19.6	28.4	40.3	11.0	0.3
abr/18	1.8	43.85	34.3	19.6	0.6	0.1
mai/18	1	36.4	38.2	23.1	1.1	0.0
jun/18	0.3	21.3	37.9	31.9	8.1	0.4
Jul/18	0.5	18.5	29.8	32.9	17.2	0.8

A distribuição anual de casos de direção do vento mostrou maior predominância dos ventos no setor leste (E), com maior percentual de 37 % como observado também por Germano et al (2017). Em seguida, estão os ventos do setor leste-sudeste

(ESE) com 20% e o setor leste-nordeste (ENE) com 17%, os demais 26 % estão distribuídos em outros setores com frequências menos significativas.

A Figura 2 apresenta a rosa dos ventos com direção e frequência de vento para cada mês entre

agosto de 2017 e julho de 2018. De agosto até dezembro observa-se predominância de direção dos ventos no setor E com até 57% de frequência de ventos registrado em novembro. O deslocamento da ZCIT mais para norte permite a livre entrada dos ventos alísios provenientes de E paralelos a costa amazônica que se soma com a brisa marítima (Moura e Vitorino, 2012; Germano et al., 2017; Moura et al., 2018).

De janeiro a maio, observa-se predominância de direção dos ventos no setor ENE, com até 33% em março. Nesse período também há registros significativos de ventos no setor sudoeste (SSW), onde abril apresentou maior percentual para este setor (11,5%). Durante esses

meses, a atenuação dos ventos alísios torna mais perceptível a influência da brisa terrestre, principalmente no trimestre de MAM, observada principalmente durante a madrugada 0900-0300 UTC (Germano et al., 2017).

Em junho e julho, observa-se predominância de direção do vento no setor ESE, com 31% e 35%, respectivamente. O que caracteriza atuação de brisa marítima e ainda de brisa terrestre pronunciada. De forma geral, essas diferenças sazonais na velocidade e direção do vento estão diretamente relacionadas com a intensificação da Alta Pressão Subtropical do Atlântico Sul (Baptista, 2003; Germano et al., 2017).

Figura 2. Rosa dos ventos demonstrando a direção e frequência dos ventos durante o período de agosto de 2017 a julho de 2018 em Cuiarana, Salinópolis-PA.

Descrição dos parâmetros estruturais e produção de serapilheira

Nas parcelas A, B e C ocorreram três espécies típicas de mangue: *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae), *Avicennia germinans* (L.) Stearn 1958 (Avicenniaceae) e *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f. (Combretaceae). Dentre essas espécies, *R. mangle* foi mais abundante em todas as parcelas, seguida por *A. germinans* e *L. racemosa*. A parcela A apresentou o maior número de indivíduos, diâmetro médio e área basal. Já a parcela B apresentou maior altura média, por fim a parcela C a menor (Tabela 5).

Carvalho e Jardim (2017) encontraram valores similares ao do presente estudo na mesma área de manguezal em Cuiarana com valores médios aproximados de DAP e altura em 21,9 cm e 9,5 m, respectivamente. Sales et al. (2009) também encontraram valores de estrutura similares em uma floresta de mangue em Marapanim na costa amazônica, onde *R. mangle* apresentou maior densidade relativa e *A. germinans* maior altura média. Já em outra floresta de mangue da costa amazônica localizada em Bragança, *A. germinans* apresentou maior altura média, área basal e densidade relativa (Seixas et al., 2006).

Alguns estudos sobre estrutura de manguezal na costa amazônica indicam que *R. mangle* é a espécie mais dominante, principalmente em áreas da costa sob maior influência de marés e salinidade, concordando com os valores estruturais obtidos neste trabalho (Bastos e Lobato, 1996; Abreu et al., 2006; Matni et al., 2006; Seixas et al.,

2006; Menezes et al., 2008; Berger et al 2008; Sales et al., 2009).

Porém, Carvalho e Jardim (2017) afirmam que no mangue em Cuiarana, *A. germinans* apresentou melhor desenvolvimento estrutural e maior densidade e dominância, apresentando-se como a espécie arbórea mais importante deste manguezal. Como *R. mangle* e *A. germinans* são altamente adaptada a ambientes salinos, sua presença e alto grau de desenvolvimento na costa amazônica é comum (Matni et al., 2006; Mehlig, 2006; Seixas et al., 2006; Sales et al., 2009; Carvalho e Jardim, 2017).

Na produção de serapilheira mensal, a fração folha apresentou maior quantidade em agosto de 2017 nas 3 parcelas estudadas demonstrando uma sincronia de produção. A fração lenhosa, apresentou maior produção em abril na parcela A, em junho na parcela B e em março na parcela C, evidenciando uma produção aleatória desta fração. Contudo, a fração de material reprodutivo apresentou maior quantidade no trimestre de MAM nas 3 parcelas (Tabela 3).

Através de vários estudos, Menezes et al. (2008) explicaram que o material reprodutivo apresenta picos de produção no período mais chuvoso da região costeira da Amazônia para as 3 espécies de mangue *R. mangle*, *A. germinans* e *L. racemosa*, especialmente os frutos e propágulos. No entanto para a fração folha, os autores demonstram picos de produção particular para cada espécie, o que remete características fenológicas diferentes entre elas.

Tabela 2. Dados estruturais das parcelas A, B e C do manguezal em Cuairana, Salinópolis-PA. Dados médios $\pm$ erro padrão.

Parcela Espécie	Nº de Ind.	Altura (m)	Diâmetro Altura do peito (cm)	Área Basal (m ² ha ⁻¹)	Densidade Relativa (%)	Dominância Relativa (%)
Parcela A	24	10.6 $\pm$ 1.6	16.2 $\pm$ 2.3	0.7264	-	-
R. mangle	12	8.4 $\pm$ 1.9	12.7 $\pm$ 2.8	0.2359	50	32.5
A. germinans	4	13.5 $\pm$ 2.5	19.5 $\pm$ 8.7	0.1909	16.7	26.3
L. racemosa	8	12.5 $\pm$ 3.0	19.7 $\pm$ 3.0	0.2997	33.3	41.3
Parcela B	15	12.9 $\pm$ 2.0	15.3 $\pm$ 0.7	0.3833	-	-
R. mangle	6	16.3 $\pm$ 1.8	16.3 $\pm$ 3.3	0.1499	40	39.1
A. germinans	6	11.2 $\pm$ 2.3	13.9 $\pm$ 4.7	0.1444	40	37.7
L. racemosa	3	9.8 $\pm$ 2.6	16.1 $\pm$ 7.7	0.0890	20	23.2
Parcela C	19	8.0 $\pm$ 2.0	10.9 $\pm$ 3.0	0.2310	-	-
R. mangle	11	10.4 $\pm$ 1.4	14.5 $\pm$ 1.6	0.2034	57.9	88.1
A. germinans	7	4.8 $\pm$ 0.6	5.9 $\pm$ 1.3	0.0276	36.8	11.9
L. racemosa	1	4.0	5.0	0.0020	5.3	0.9

Tabela 3. Produção mensal de serapilheira em frações (folha, lenhoso e material reprodutivo) e total das parcelas A, B e C em Cuairana, Salinópolis-PA. Dados médios $\pm$ erro padrão (n = 4).

Meses	Parcela	Serapilheira (g m ⁻²)			
		Folha	Lenhoso	M. Reprodutivo	Total
Ago/2017	A	87.7 $\pm$ 7.8	16.2 $\pm$ 6.2	14.0 $\pm$ 2.7	117.9 $\pm$ 8.3
	B	109.3 $\pm$ 23.4	4.9 $\pm$ 3.3	13.8 $\pm$ 3.6	128.0 $\pm$ 27.4
	C	88.6 $\pm$ 19.8	2.3 $\pm$ 1.2	15.1 $\pm$ 6.2	105.9 $\pm$ 24.5
Set/2017	A	82.6 $\pm$ 25.1	13.0 $\pm$ 6.3	19.2 $\pm$ 3.6	114.7 $\pm$ 33
	B	60.0 $\pm$ 18.8	14.0 $\pm$ 7.3	13.7 $\pm$ 6.9	87.8 $\pm$ 23.3
	C	5.5 $\pm$ 0.6	6.1 $\pm$ 4.1	1.5 $\pm$ 1.5	13.1 $\pm$ 3.5
Out/2017	A	86.9 $\pm$ 21	12.0 $\pm$ 6.2	19.3 $\pm$ 3.8	118.3 $\pm$ 27.7
	B	37.4 $\pm$ 11.6	3.6 $\pm$ 2.1	9.3 $\pm$ 3.6	50.3 $\pm$ 12.8
	C	22.1 $\pm$ 15.2	0.1 $\pm$ 0.1	19.2 $\pm$ 16	41.4 $\pm$ 30.8
Nov/2017	A	78.2 $\pm$ 18	1.2 $\pm$ 0.6	20.8 $\pm$ 6.6	100.1 $\pm$ 22
	B	50.9 $\pm$ 2.2	0.0 $\pm$ 0.0	10.8 $\pm$ 2.2	61.6 $\pm$ 3.9
	C	16.9 $\pm$ 6.6	0.4 $\pm$ 0.4	16.6 $\pm$ 15.1	33.9 $\pm$ 21.2
Dez/17	A	64.3 $\pm$ 17.2	4.4 $\pm$ 2.1	11.3 $\pm$ 5.5	79.9 $\pm$ 22.8
	B	44.0 $\pm$ 13.2	1.1 $\pm$ 0.6	8.2 $\pm$ 2.1	53.3 $\pm$ 14.5
	C	71.1 $\pm$ 17.8	5.2 $\pm$ 3.9	33.8 $\pm$ 27.4	110.0 $\pm$ 45.2
Jan/18	A	22.9 $\pm$ 6.8	11.2 $\pm$ 1.9	16.3 $\pm$ 5.3	50.3 $\pm$ 8.9
	B	19.5 $\pm$ 6.4	4.8 $\pm$ 1.6	7.1 $\pm$ 1.8	31.4 $\pm$ 7.3
	C	20.7 $\pm$ 7.3	11.9 $\pm$ 6.8	20.8 $\pm$ 8.3	53.3 $\pm$ 16.7
Fev/18	A	23.1 $\pm$ 4.3	7.3 $\pm$ 2.0	10.2 $\pm$ 6	40.6 $\pm$ 3.2
	B	19.3 $\pm$ 7	5.7 $\pm$ 2.3	12.7 $\pm$ 2.4	37.7 $\pm$ 10.8
	C	30.0 $\pm$ 10.4	4.4 $\pm$ 2.2	9.9 $\pm$ 2.2	44.4 $\pm$ 13.1
Mar/18	A	53.8 $\pm$ 8	14.6 $\pm$ 1.6	36.8 $\pm$ 6.8	105.2 $\pm$ 12.5
	B	30.7 $\pm$ 10.2	10.3 $\pm$ 2.8	39.6 $\pm$ 9.8	80.6 $\pm$ 10
	C	66.1 $\pm$ 15.8	10.7 $\pm$ 3.3	12.5 $\pm$ 2.1	89.3 $\pm$ 19.9
Abr/18	A	34.3 $\pm$ 16.3	32.0 $\pm$ 15.4	26.9 $\pm$ 22.4	93.2 $\pm$ 47.4
	B	30.2 $\pm$ 9.3	12.7 $\pm$ 3.8	33.9 $\pm$ 14.2	76.8 $\pm$ 19.4
	C	40.7 $\pm$ 8.7	3.4 $\pm$ 0.7	10.3 $\pm$ 3.3	54.3 $\pm$ 10.9
Mai/18	A	66.5 $\pm$ 19.2	14.2 $\pm$ 6.4	18.2 $\pm$ 9.5	99.0 $\pm$ 27.5
	B	38.6 $\pm$ 14.1	9.4 $\pm$ 6.7	16.3 $\pm$ 13.6	64.4 $\pm$ 23.6
	C	84.4 $\pm$ 16.1	2.6 $\pm$ 1.2	37.1 $\pm$ 6.8	124.0 $\pm$ 23.1

Jun/18	A	68.0	5.4	22.8	96.2
	B	64.2±10.7	18.7±16.4	9.8±7.8	92.7±31.4
	C	72.5±12	1.9±1.4	13.8±2.5	88.2±15.4
Jul/18	A	73.2	6.2	20.8	100.2
	B	73.5±10	3.6±0.4	17.3±12.9	94.4±22.5
	C	59.8±25.8	6.2±4.4	9.2±5.2	75.1±34.7

Para este estudo, folhas apresentaram-se em maior quantidade no segundo semestre do ano, período considerado menos chuvoso da região (Amanajás e Braga, 2012) e com maior frequência de velocidade do vento acima de 3 m/s (Tabela 1). A fração lenhoso geralmente não apresentou sazonalidade e seus picos de produção podem estar associados ao regime pluviométrico, rajadas de vento ou até mesmo à herbivoria (Mehlig, 2006; Fernandes et al., 2007; Silva et al., 2017).

Variabilidade espaço-temporal da serapilheira em função da velocidade do vento

A análise de componentes principais extraiu 4 componentes que somados explicam 85% da variação total dos dados de serapilheira (fração folha, lenhoso e material reprodutivo) e velocidade do vento.

A primeira componente (CP1) explica 39% da variação total dos dados. O padrão do coeficiente de expansão espacial da CP1 (autovetor) apresentou forte correlação negativa nas parcelas A e B. Esse padrão espacial se destaca principalmente no mês de abril de 2018, onde o

coeficiente de expansão temporal (autovalor) apresenta contribuição negativa superior a -2. Esses padrões apresentam uma relação entre a baixa velocidade do vento em abril (1 m/s) com a alta produção de material reprodutivo nas parcelas A e B (Figura 9).

Bernini e Rezende (2010) também encontraram correlação negativa entre velocidade do vento e frutos das mesmas espécies de mangue deste estudo no sudeste do Brasil. Já em espécies típicas de mangue da costa leste da África, Mchenga e Ali (2017) não encontraram correlação significativa entre essas variáveis.

A atuação da ZCIT na costa amazônica em abril aumenta os índices de precipitação e diminui a velocidade do vento (Moura et al., 2018; Moura e Vitorino, 2012). Durante esse período a produção da fração material reprodutivo é elevada devido máxima contribuição de frutos (Janzen, 1967; Mehlig, 2006; Fernandes et al., 2007). Além disso, o melhor desenvolvimento estrutural das parcelas A e B talvez contribua para elevar a produção desta fração.

Figura 3. Padrões de correlação da primeira componente (CP1) com 39 % da variância total explicada e produção de serapijheira (fração material reprodutivo) das parcelas A, B e C no manguezal de Cuiarana, Salinópolis-PA.

A segunda componente (CP2) explica 19 % da variância total dos dados. Nesse padrão o coeficiente de expansão espacial apresentou correlações positivas e pouca variação entre as 3 parcelas. O coeficiente de expansão temporal destacou o mês de março de 2018, que apresentou contribuição positiva superior a 2. Assim como a CP1, esses padrões também foram influenciados por material reprodutivo, no entanto, a fração lenhoso se destaca como principal (Figura 10).

No trimestre de MAM, a atuação da ZCIT na costa amazônica deveria atenuar a velocidade do vento, porém, para março de 2018 a frequência mais registrada foi de 3 m/s, considerada alta para este período. A ocorrência deste cenário pode ser devido a uma anomalia negativa de precipitação

observado em março de 2018 pelo Instituto Nacional de Meteorologia, com isso a diminuição da nebulosidade proporciona livre entrada dos ventos na costa (Moura e Vitorino, 2012; Germano et al., 2017).

Com esse aumento da velocidade do vento, a CP2 apresenta uma correlação positiva entre lenhoso e vento, essa observação provavelmente é explicada com a quebra de galhos mais frágeis, devido a ação das chuvas, pelo vento (Mchenga e Ali, 2017). Sharma et al. (2012) apresenta forte correlação entre lenhoso e velocidade do vento para manguezais da ilha de Okinawa no Japão, explicado principalmente pela passagem de tufões na região que intensificam a magnitude dos ventos e geram quebra de galhos e troncos.

Figura 4. Padrões de correlação da segunda componente (CP2) com 19 % da variância total explicada e produção de serapilheira (fração lenhoso) das parcelas A, B e C no manguezal de Cuiarana, Salinópolis-PA.

A CP3 explica 17 % da variância total, observa-se maiores correlações pelo coeficiente de expansão espacial nas parcelas A e B. O coeficiente de expansão temporal destacou o mês de agosto 2017 com contribuição positiva acima de 1,5 e o mês de janeiro de 2018 com contribuição negativa acima de -1,5. Esses padrões relacionam a velocidade do vento com a fração folha, explicando que sua maior produção foi em agosto aliado a uma alta velocidade do vento (3 m/s). No entanto, o mesmo padrão também explica que em janeiro a velocidade do vento manteve-se alta porém a produção de folhas foi baixa (Figura 11).

Luzhen Chen et al. (2009) também encontraram correlação fraca e negativa entre

folhas e velocidade do vento em um manguezal da *Futian Mangrove Nature Reserve* na China. No entanto, outros estudos apontam correlação positiva e significativa entre essas variáveis (Bernini e Rezende, 2010; Sharma et al., 2012; Mchenga e Ali, 2017).

A variância entre os dois padrões observados revela que a alta produção de folhas possivelmente não está sujeita a velocidade do vento e sim com outras variáveis meteorológicas (Mehlig, 2006; Fernandes et al., 2007). No entanto, a força mecânica dos ventos aliado a elevada altura das espécies pode contribuir para queda de folhas e aumentar a produção desta fração (Bernini e Rezende, 2010).

Figura 5. Padrões de correlação da terceira componente (CP3) com 17 % da variância total explicada e produção de serapilheira (fração folha) das parcelas A, B e C no manguezal de Cuiarana, Salinópolis-PA.

A CP4, explica 12 % da variância total. O coeficiente de expansão espacial apresentou correlação positiva na parcela C com destaque para os meses de setembro de 2017 e maio de 2018 acima de -1.5 pelo coeficiente de expansão temporal. Esses padrões demonstram a serapilheira total (soma de todas as frações) para a parcela C, evidenciando que houve baixa produção em setembro onde a velocidade do vento foi alta (3 m/s) e alta produção em maio onde a velocidade do vento foi moderada (2 m/s) como observado na Figura 12.

Ao analisar a serapilheira total, Bernini e Rezende (2010) encontraram correlação fraca e

positiva com a velocidade do vento no sudeste do Brasil. Já Hoque et al. (2015) também encontraram fraca correlação, porém negativa entre essas variáveis em um manguezal da Malásia. Mesmos resultados também foram encontrados por Luzhen Chen et al. (2009) na China.

Mesmos esses estudos apresentando fraca correlação entre produção de serapilheira e velocidade do vento, Farroqui et al. (2012) encontraram forte correlação positiva entre essas variáveis ao analisar um manguezal no sul do Paquistão.

Figura 6. Padrões de correlação da quarta componente (CP4) com 12 % da variância total explicada e produção de serapilheira das parcelas A, B e C no manguezal de Cuairana, Salinópolis-PA.

Conclusões

Ventos com maiores velocidades são mais frequentes durante o segundo semestre e a direção no setor Leste (E) tem maior predominância ao longo do ano. A velocidade do vento não apresentou influência direta na produção de serapilheira, porém sua atuação associada a sistemas precipitantes como a ZCIT ou a fenômenos extremos como tempestades tropicais ou tufões podem contribuir de forma significativa na queda de folhas, galhos e outras frações.

A estrutura da floresta associada a variação do vento também pode contribuir na queda de serapilheira. Áreas com menos indivíduos e maiores alturas estão sujeitas a maior influência da força mecânica dos ventos sob suas copas contribuindo principalmente para queda de folhas. O material reprodutivo é a fração menos associada com o vento pois está relacionada às características fenológicas de cada espécie e principalmente ao regime pluvial.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e

Tecnológico pela bolsa de Mestrado, a Universidade Federal do Pará (UFPA), Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e EMBRAPA Amazônia Oriental.

Referências

- Abreu, M. M. O., Mehlig, U., Nascimento, R. E. S. A., Menezes, M. P. M., 2006. Análise de composição florística e estrutura de um fragmento de bosque de terra firme e de um manguezal vizinhos na península de Ajuruteua, Bragança, Pará. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, Ciências Naturais 1, 27-34.
- Amanajás, J. C., Braga, C. C., 2012. Padrões espaço-temporal pluviométricos na Amazônia Oriental utilizando análise multivariada. Revista Brasileira de Meteorologia [online] 27. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-77862012000400006>. Acesso: 23 set. 2017
- Atkinson, B. W., 1981. Meso-Scale Atmospheric Circulations. Academic: San Diego, CA, 412.
- Brasil. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Ministério do Meio Ambiente, 2018. Atlas dos manguezais do Brasil. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/st>

ories/manguezais/atlas_dos_manguezais_d_o_brasil.pdf. Acesso em 05.05.2018.

- Baptista, M. C., 2003. Uma análise do campo de vento de superfície sobre o Oceano Atlântico Tropical e Sul usando dados do escaterômetro do ERS. Dissertação de Mestrado (MSc thesis), INPE, São José dos Campos, Brasil.
- Barbosa, I. C. C., Müller, R. C. S., Alves, C. N., Berrêdo, J. F., Souza Filho, P. W. 2015 Composição Química de Sedimento de Manguezal do Estuário Bragantino (PA) - Brasil. *Revista Virtual de Química* 7, 1087-1101.
- Bastos, M. N. C., Lobato, L. C. B., 1996. Estudos fitossociológicos em áreas de bosque de mangue na praia do Crispim e ilha de Algodão -Pará. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, Ciências Naturais* 8.
- Berger, U., Rivera-Monroy, V. H., Doyle, T. W., Dahdouh-Guebas, F., Duke, N. C., Fontalvo-Herazo, M. L., Twilley, R. R. 2008. Advances and limitations of individual-based models to analyze and predict dynamics of mangrove forests: a review. *Aquatic Botany* 89, 260-274.
- Bernini, E., Rezende, C. E., 2010. Litterfall in a mangrove in Southeast Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 5, 508-519.
- Carvalho, E. A., Jardim, M. A. G., 2017. Composição e estrutura florística em bosques de manguezais paraenses, Brasil. *Ciência Florestal* 27, 923-930.
- Chen, L., Zan, Q., Li, M., Shen, J., Liao, W., 2009. Litter dynamics and forest structure of the introduced *Sonneratia caseolaris* mangrove forest in Shenzhen, China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 85, 241-246.
- Costa, G. B., Lyra R., 2012. Análise dos padrões de vento no Estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Meteorologia* 27, 31-38.
- Farooqui, Z. A. F. A. R., Shafique, S., Khan, K. L., Ali, A., Iqbal, P., Siddiqui, P. J., 2012. Assessment of litter production in semi-arid mangroves forests near active Indus River mouth (Hajambro creek) and Karachi backwaters, Pakistan. *Pak. J. Bot* 44, 1763-1768.
- Fernandes, M. E. B., Monteiro, A. A. N., Carvalho, M. L., 2007. Estimativa da produção anual de serapilheira dos bosques de Mangue no Furo Grande, Bragança-Pará. *Revista Árvore* 31.
- Frizzola, J.A., Fisher, E.L., 1963. A series of sea breeze observations in the New York City area. *Journal of Applied Meteorology* 2, 722-739.
- Germano, M. F., Vitorino, M. I., Cohen, J. C. P., Costa, G. B., Souto, J. I. D. O., Rebelo, M. T. C., De Sousa, A. M. L., 2017. Analysis of the breeze circulations in Eastern Amazon: an observational study. *Atmospheric Science Letters* 18, 67-75.
- Golley, F. B., 1983. Nutrient cycling and nutrient conservation. In: *Tropical forest ecosystems: structure and function*. Elsevier; Amsterdam, 137-156.
- Hartmann, D. L., 1994. *Global physical climatology*. Seattle: Academic Press.
- Hoque, M. M., Mustafa Kamal, A. H., Idris, M. H., Haruna Ahmed, O., Rafiqul Hoque, A. T. M., Masum Billah, M., 2015. Litterfall production in a tropical mangrove of Sarawak, Malaysia. *Zoology and ecology* 25, 157-165.
- Janzen, D. H., 1967. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. *Evolution* 21, 620-637.
- Laanbroek, H. J., Zhang, Q. F., Leite, M., Verhoeven, J. T., Whigham, D. F., 2018. Effects of *Rhizophora* mangle leaf litter and seedlings on carbon and nitrogen cycling in salt marshes—potential consequences of climate-induced mangrove migration. *Plant and Soil* 426, 383-400.
- Matni, A. S., Menezes, M. P. M., Mehlig, U., 2006. Estrutura dos bosques de mangue da península de Bragança, Pará, Brasil. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, Ciências Naturais* 1, 43-52.
- Mattiuzzi, H. V., Marchioro, E. 2012. O Comportamento dos Ventos em Vitória (ES): a gestão e interpretação dos dados climatológicos. *Revista Geonorte* 2, 983-993.
- Mchenga, I. S.S., Ali, A. I., 2017. Mangrove litter production and seasonality of dominant species in Zanzibar, Tanzania. *Journal of East African Natural History* 106, 5-18.
- Mehlig, U., 2006. Phenology of the red mangrove, *Rhizophora mangle* L., in the Caeté Estuary, Pará, equatorial Brazil. *Aquatic Botany* 84, 158-164.
- Menezes, M. P. M., Berger, U., Mehlig, U., 2008. Mangrove Vegetation In Amazonia: A review of studies from the coast of Pará and Maranhão States, north Brazil. *Acta Amazonica*, 38, 403-420.
- Morais, G. M., Sobrinho, J. E., Santos, W. O., Costa, D. O., Silva, S. T. A., Maniçoba, R. M., 2014. Caracterização da velocidade e direção do vento em Mossoró/RN. *Revista Brasileira de Geografia Física* 7, 746-754.
- Moura, M. Do N., Vitorino, M. I., 2012. Variabilidade da precipitação em tempo e espaço associada à Zona de Convergência Intertropical. *Revista Brasileira de Meteorologia* 27, 475-483.

- Nobre P., Shukla J., 1996. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. *Journal of Climate* 9, 2464–2479.
- Pearce, K. I., Walker, I. J., 2005. Frequency and magnitude biases in the ‘Fryberger’ model, with implications for characterizing geomorphically effective winds. *Geomorphology* 68, 39-55.
- Reboita, M. S., Gan, M. A., Rocha, R. P., Ambrizzi, T., 2010. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. *Revista Brasileira de Meteorologia* 25.
- Rockett, G. C., Telles, P., Barboza, E. G., Gruber, N. L. S., Simão, C. E., 2017. Análise espaço-temporal dos ventos no extremo norte da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas em Geociências* 44, 203-219.
- Sales, J. B. D. L., Mehlig, U., Nascimento, J. R., Rodrigues Filho, L. F., Menezes, M. P. M. D., 2009. Análise estrutural de dois bosques de mangue do rio Cajutuba, município de Marapanim, Pará, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais* 4, 27-35.
- Santos, S. R. Q., Vitorino, M. I., Braga, C.C., Campos, T. B., Santos, A.P., 2013. O efeito de brisas marítimas na Cidade de Belém-PA: utilizando análise em Multivariada. *Revista Brasileira de Geografia Física* 5, 1110–1120.
- Schaeffer-Novelli, Y., Cintrón, G., 1986. Guia para estudo de áreas de manguezal: estrutura, função e flora. São Paulo: Caribbean Ecological Research.
- Seixas, J. A. S., Fernandes, M. E. B., Silva, E. S., 2006. Análise estrutural da vegetação arbórea dos mangues no Furo Grande, Bragança, Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais* 1, 61-69.
- Sharma, S., Hoque, A. R., Analuddin, K., Hagihara, A., 2012. Litterfall dynamics in an overcrowded mangrove *Kandelia obovata* (S., L.) Yong stand over five years. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 98, 31-41.
- Silva, A. K. L., Vasconcelos, S. S., Carvalho, C. J. R., Cordeiro, I. M. C. C., 2011. Litter dynamics and fine root production in *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* plantations and regrowth forest in Eastern Amazon. *Plant and Soil* 347, 377-386.
- Silva, L. L., Santos, R. C. O., Fernandes, M. E. B., 2017. Linking *Avicennia germinans* (Acanthaceae) architecture to gall richness and abundance in Brazilian Amazon mangroves. *Biotropica* 49, 784-791.
- Souza Filho, P. W. M., 2005. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. *Revista Brasileira de Geofísica* 23, 427-435.
- Wilks, D. S., 2006. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. London, Academic Press.