

EFEITO DA RADIAÇÃO SOLAR SOBRE A REGENERAÇÃO NATURAL DE MANGUEZAL EM CUIARANA, SALINÓPOLIS, PARÁ

EFFECT OF SOLAR RADIATION ON NATURAL REGENERATION OF MANGROVE IN CUIARANA, SALINÓPOLIS, PARÁ

Desirée Antéia

Jastes Fernandes 

Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Discente no Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, UFPA – Belém (PA), Brasil.

Maria Isabel Vitorino 

Doutora em Meteorologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Professora adjunta da UFPA – Belém (PA), Brasil.

Paulo Jorge de Oliveira

Ponte de Souza 

³Doutor em Meteorologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Professor e pesquisador da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Professor adjunto no Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos – Belém (PA), Brasil.

Mario Augusto

Gonçalves Jardim 

⁴Doutor em Ciências Biológicas pela UFPA. Pesquisador do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), Coordenação de Botânica (CBO) – Belém (PA), Brasil.

Endereço para correspondência:

Desirée Antéia Jastes Fernandes – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Rua Augusto Corrêa, s/n – Guamá – CEP 66075-110, Belém (PA), Brasil – E-mail: desireejastes@gmail.com

Recebido em: 06/03/2018

Aceito em: 01/10/2018

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar os efeitos da radiação solar incidente na dinâmica de regeneração natural das espécies em um bosque de mangue na costa litorânea paraense, Brasil. Conduziu-se o estudo no período de novembro de 2014 a outubro de 2015, no sítio experimental de Cuiarana, em 5 parcelas de 400 m², sendo 4 naturais e 1 controle (sombrite 50%). Foram utilizados parâmetros fitossociológicos para avaliar a composição florística e a estrutura horizontal. Radiação global (Q_g) foi obtida de dados meteorológicos das torres micrometeorológicas do sítio. A variabilidade espaçotemporal das espécies sob Q_g foi acurada por análise fatorial em componentes principais, teste de Tukey e teste *t* de Student a 95% de confiança. Foram registrados 25.772 espécimes, distribuídos em três famílias, três gêneros e três espécies. O teste *t* de Student não apontou diferença estatística significativa entre as abundâncias nas estações chuvosa e menos chuvosa. Análise de Componentes Principais (ACP) extraiu dois componentes que explicam 91,5% da variância. *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa* apresentaram crescimento tolerante a 50% de sombreamento.

Palavras-chave: mangue; variação espaçotemporal; fatores climáticos.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effects of incident solar radiation on the dynamics of natural regeneration of the species in a mangrove forest in the Paraense coast, Brazil. The study was conducted from November 2014 to October 2015, in the experimental site of Cuiarana, in 5 plots of 400 m², 4 natural and 1 control (sombrite 50%). Phytosociological parameters were used to evaluate floristic composition and horizontal structure. Global radiation (Q_g) was obtained from meteorological data of the micrometeorological towers of the site. The spatio-temporal variability of species under Q_g was accounted for by factorial analysis in main components, Tukey and Student's *t* tests at 95% confidence. There were 25,772 specimens distributed in 3 families, 3 genera and 3 species. The Student's *t* test did not show statistically significant differences between abundances in rainy and less rainy seasons. Principal Component Analysis (PCA) extracted 2 components that explain 91.5% of the variance. *Avicennia germinans* and *Laguncularia racemosa* showed tolerant growth at 50% shading.

Keywords: mangrove; spatio-temporal variation; climatic factors.

INTRODUÇÃO

Os manguezais são conhecidos por sua exuberância e relevância com relação aos seus aspectos ecológicos enquanto ecossistemas, tais como produção de biomassa, manutenção das zonas costeiras, berçário natural para fauna, além de indicadores de mudanças climáticas (LIMA; GALVANI, 2013; LIMA; TOGNELLA, 2012).

O Pará possui uma área significativa dos mangues brasileiros, 598 km de linha de costa, muito bem conservados, relativamente bem protegidos por restingas e comumente abrigados no interior dos estuários, apresentando maior permanência de condições de desenvolvimento no tempo e no espaço, devido ao contato direto com taludes dos baixos planaltos costeiros, com formações eólicas na linha da costa ou em espaços palustres de água salobras ou doces (SOUZA FILHO; EL-ROBRINI, 1996; MENEZES *et al.*, 2008).

As diferenças entre as fisionomias e as estruturas vegetais dos ecossistemas de mangue são determinadas pela localização biogeográfica e, sobretudo, pelas variações espaciais e temporais de clima, geomorfologia, salinidade, distância do mar, bem como distúrbios oriundos de fenômenos naturais e atividades antrópicas. A ação direta ou indireta dos fatores edáficos, biológicos e climáticos determina a capacidade adaptativa e de regeneração natural das populações vegetais (SCHAEFFER-NOVELLI *et al.*, 2015; SOARES *et al.*, 2012; VALE, 2010; WOLANSKY *et al.*, 2009).

A fase inicial do ciclo de vida de um vegetal constitui em um período muito crítico, pois a plântula se encontra vulnerável a qualquer tipo de dano e, conseqüentemente, pode acarretar elevada taxa de mortalidade, tendo então a sobrevivência de indivíduos como o início da dinâmica sucessional. A regeneração natural é um processo de reconstituição das comunidades vegetais e de formação de novas paisagens, com mudanças sucessionais de enriquecimento gradual de espécies e aumento na complexidade estrutural e funcional ao longo do tempo e do espaço, e ocorre em função dos fatores climáticos, edáficos e ecológicos, principalmente pelo regime de chuvas e pela disponibilidade de luminosidade (CHAZDON, 2012; MAGNAGO *et al.*, 2012; MAUÉS *et al.*, 2011).

A funcionalidade biológica das plantas está intimamente condicionada aos elementos climáticos, como a pluviosidade, que, no estado paraense, apresenta grande variabilidade espaçotemporal ao longo do ano. No Pará, identifica-se a existência de basicamente dois regimes pluviométricos distintos, sendo: uma estação chuvosa, geralmente compreendendo entre os meses de dezembro a maio, com elevada precipitação e diretamente influenciado pela migração sazonal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) na direção meridional; e por uma estação menos chuvosa, a qual ocorre geralmente entre junho a novembro, sem período de seca definido (MORAES *et al.*, 2005; SOUZA; AMBRIZZI, 2003; RAO; HADA, 1990).

Outro elemento climático que deve ganhar destaque para a funcionalidade biológica vegetal é a radiação solar, ao influenciar diretamente nos processos fotossintéticos (MARENCO; LOPES, 2009), por ser praticamente a única fonte de energia que influencia os movimentos atmosféricos e os mais variados processos que envolvem as interações solo-planta-atmosfera (YETEMEN *et al.*, 2015; QUERINO *et al.*, 2011), primordial para o desenvolvimento, o crescimento e a dinâmica vegetal.

A variabilidade espacial e temporal da regeneração natural do mangue ao longo dos litorais levanta questões sobre as alterações climáticas e seus impactos, pois há controvérsias sobre sua origem, isto é, se foram ou continuam sendo provocadas por causas naturais ou por processos antrópicos.

Muitos trabalhos têm sido desenvolvidos visando a compreender como os elementos climáticos influenciam na dinâmica sucessional nos mais diversos ecossistemas, contudo poucos estão relacionados aos manguezais. Guo *et al.* (2017), Osland (2017), Schaeffer-Novelli *et al.* (2016) e Soares *et al.* (2012), ao observarem a distribuição vegetal em manguezais em relação ao clima, e Roppa *et al.* (2012) e Venturoli *et al.* (2011), em análise de fragmentos florestais nativos e secundários e de pastagem, constataram melhores valores dos parâmetros associados durante o período sazonal mais ameno, isto é, com maior riqueza e recrutamento em estações chuvosas e maior mortalidade em estações secas, ao que se entende, então, que os indivíduos em estado inicial de desenvolvimento eram mais dinâmicos do que aqueles mais

desenvolvidos, em função da maior susceptibilidade ao estresse hídrico no solo e da quantidade de radiação solar incidente.

O conhecimento sobre a dinâmica dos estágios iniciais de desenvolvimento das espécies arbóreas é fundamental para a compreensão dos processos que regulam a estabilidade desse ecossistema, bem como do seu potencial intrínseco de regeneração natural diante dos fatores estressantes, que, em relação à radiação

solar, ditam como a densidade de cobertura vegetal do mangue irá determinar o grau de interceptação e aproveitamento de energia conforme distribuição de espécies e indivíduos ao longo da região (SILVA *et al.*, 2015; DIAS-TERCEIRO *et al.*, 2014).

Este trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos da radiação solar incidente na dinâmica de regeneração natural das espécies em um bosque de mangue na costa litorânea paraense, Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no sítio experimental de Cuiarana, localizado na Vila de Cuiarana, município de Salinópolis (0°39'49,72"S e 47°17'03,41"W), região costeira do nordeste paraense, distante cerca de 213 km da capital, Belém, pertencente à Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e à Universidade Federal do Pará (UFPA). A área é caracterizada como uma zona em estágio sucessional inicial de manguezal, entre feições de mangue maduro e de terra firme, geralmente conhecidas como Apicum, e abriga vegetação herbácea e arbórea, de solos hipersalinos e do tipo argilo-arenosos, gerados pela deposição de areia fina por ocasião das marés de sizígias e quadratura (SCHMIDT *et al.*, 2013; SCHAEFFER-NOVELLI, 2000).

O clima local é do tipo Aw, de acordo com a classificação Köppen, de índice pluviométrico médio de 2.100 mm, em que é possível distinguir dois períodos sazonais de chuva: chuvoso (janeiro a julho), que acumula 90% da precipitação anual, e menos chuvoso (agosto a dezembro) (RODRIGUES *et al.*, 2013; INMET, 2013).

O estudo foi conduzido no período de novembro de 2014 a outubro de 2015 e consistiu no monitoramento mensal da comunidade vegetal do bosque de mangue e da radiação solar incidente na superfície, também em escala mensal, para avaliar a influência desse elemento climático no crescimento de indivíduos.

Para tanto, foram instaladas 5 parcelas permanentes de 20 × 20 m (0,2 ha), distanciadas aproximadamente 100 m entre si, das quais 4 foram mantidas sob condições naturais, a pleno sol (P1, P2, P3 e P4), e uma foi coberta com sombrite de polietileno, que incapacitava a passagem de 50% da radiação solar incidente, sendo esta, então, considerada como parcela controle (PC).

A variabilidade temporal da radiação global (Q_g) foi obtida a partir do banco de dados da torre micrometeorológica da UFRA, instalada no mangue, no sítio experimental, a qual é equipada com um sistema de aquisição e armazenamento automático de dados, programado para fazer leituras a cada 10 segundos e armazenar médias a cada 10 minutos. As falhas encontradas na série dos dados foram preenchidas com aqueles das torres micrometeorológicas da UFRA e da UFPA instaladas em terra firme, distantes cerca de 300 a 400 m das parcelas permanentes. Assim, foram calculadas médias mensais para os dados de Q_g em MJ.m².

Ademais, para analisar os meses de maior e menor quantitativo de Q_g , em razão das condições atmosféricas, foi calculado o índice de transmissividade (Kt) mensal, determinado pela razão entre a Q_g e a radiação incidente no topo da atmosfera (Q_a) mensais, em MJ.m², sendo a Q_a calculada de acordo com Allen *et al.* (1998).

Quando $Kt \leq 0,35$, os meses foram classificados como "Céu Nublado" e $Kt \geq 0,5$, como de "Céu Limpo", conforme critérios propostos por Souza *et al.* (2013).

As informações relacionadas à vegetação foram coletadas mensalmente em subparcelas de 1 m², delimitadas por um quadrado de canos PVC enroscados por emboques próprios, lançados aleatoriamente até ter sido obtida a cobertura completa de cada parcela. A cada lançamento, todos os indivíduos regenerantes foram devidamente identificados, quantificados e estratificados em 3 categorias de tamanho (CTs), sendo elas: CT₁ = altura ≤ 30 cm; CT₂ = 30,1 ≤ altura ≤ 1 m; CT₃ = < 1 m, com o auxílio de uma vara graduada, posicionada no centro da subparcela, segundo metodologia de Jardim *et al.* (2013).

A composição florística foi a partir da identificação dos indivíduos das espécies típicas de mangue, quanto a espécie e gênero, por um paratânico do Museu Emílio Goeldi. A nomenclatura das espécies foi baseada no banco de dados do Missouri Botanical Garden (2015) e as famílias foram atualizadas com base no sistema APG III (2009).

A estrutura horizontal foi determinada pelos parâmetros de abundância absoluta (N), frequência relativa (FR) e densidade relativa (DR), conforme Curtis e McIntosh (1951); foi calculada a regeneração natural relativa (Rn%), obtida pela média entre frequência, densidade e categoria de tamanho relativas (CT%) multiplicado por 100, conforme proposto por Finol (1971).

Em relação ao efeito da radiação solar na regeneração natural das espécies foi aplicada a Análise de Componentes Principais (ACP), por meio da análise da variabilidade espaçotemporal simultânea (HONGYU *et al.*, 2016; DOMINICK *et al.*, 2012; WILKS, 2011). Para tanto, foram utilizados os dados de abundância de cada espécie de cada parcela e a Q_g de cada mês do monitoramento, organizados em uma matriz de

covariância disposta em modo T, conforme explicam Amanajás e Braga (2012), Lebrija-Trejos *et al.* (2010), Sharma e Raghubanshi (2006) e Shono *et al.* (2006), que, adaptada ao objetivo deste trabalho, foi organizada uma matriz de dados Z ($z \times k$), em que as z linhas correspondem à sequência de parcela/espécies/ Q_g e as k colunas, ao tempo (novembro de 2014 a outubro de 2015). Assim, foram gerados autovalores temporais e autovetores espaciais como padrões de correlação entre radiação solar e número de indivíduos das espécies, utilizando o *software* Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 13.0. Além disso, os autovetores espaciais foram plotados com o auxílio do *software* Surfer 11.0.

Foi aplicado também o teste t de Student ($p < 0,05$) para amostras independentes, para comparação entre as médias de abundância entre os períodos chuvoso e menos chuvoso, e a abundância das espécies entre parcelas foi submetida a uma análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para avaliar os efeitos do sombreamento (-50%) no crescimento das espécies, com o auxílio do *software* SPSS 13.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a estação chuvosa, fevereiro foi o mês que apresentou o maior valor para a radiação solar incidente ($20,02 \text{ MJ.m}^{-2}$). A variabilidade mensal da radiação solar está representada na Figura 1, enquanto março foi o de menor quantitativo ($11,54 \text{ MJ.m}^{-2}$). No período menos chuvoso, os valores mensais máximos e mínimos observados corresponderam aos meses de setembro ($21,4 \text{ MJ.m}^{-2}$) e julho ($18,16 \text{ MJ.m}^{-2}$), respectivamente.

Nota-se que a configuração meteorológica do período chuvoso foi atípica, ao serem encontrados valores acima do esperado de Q_g para o mês de fevereiro, cuja média é equivalente a $16,5 \text{ MJ.m}^{-2}$ (FERNANDES, 2016). O índice de transmissividade indica o grau de nebulosidade para esse mês, com condições de céu limpo ($Kt = 0,55$). Moojen *et al.* (2012) e Querino *et al.* (2011) explicam que, sob essas condições, a atmosfera apresenta maior transmissividade, implicando em um maior quantitativo de radiação incidente, e mais rica em radiação direta do que a componente difusa.

Para o mês de março, Kt foi igual a 0,3, indicando relação direta com a menor quantidade de radiação incidente, atribuída às condições da turbidez atmosférica, sendo mais opaca. Belúcio *et al.* (2014), Galvani e Lima (2011) e Haag e Krenzinger (2010) explicam que o vapor d'água e outros constituintes, como aerossóis e sal marinho, atuam como núcleos absorvedores e espalhadores de radiação solar de ondas curtas e atenuam a quantidade da radiação incidente em função da menor transmissividade atmosférica, que reflete mais a radiação direta e sendo mais rica pela componente difusa.

Essa atipicidade da configuração meteorológica local pode estar relacionada principalmente ao efeito do El Niño-Oscilação Sul (ENOS) em sua fase quente (El Niño), que vinha modulando os índices pluviométricos e as condições atmosféricas locais desde o segundo semestre de 2014 (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, 2016).

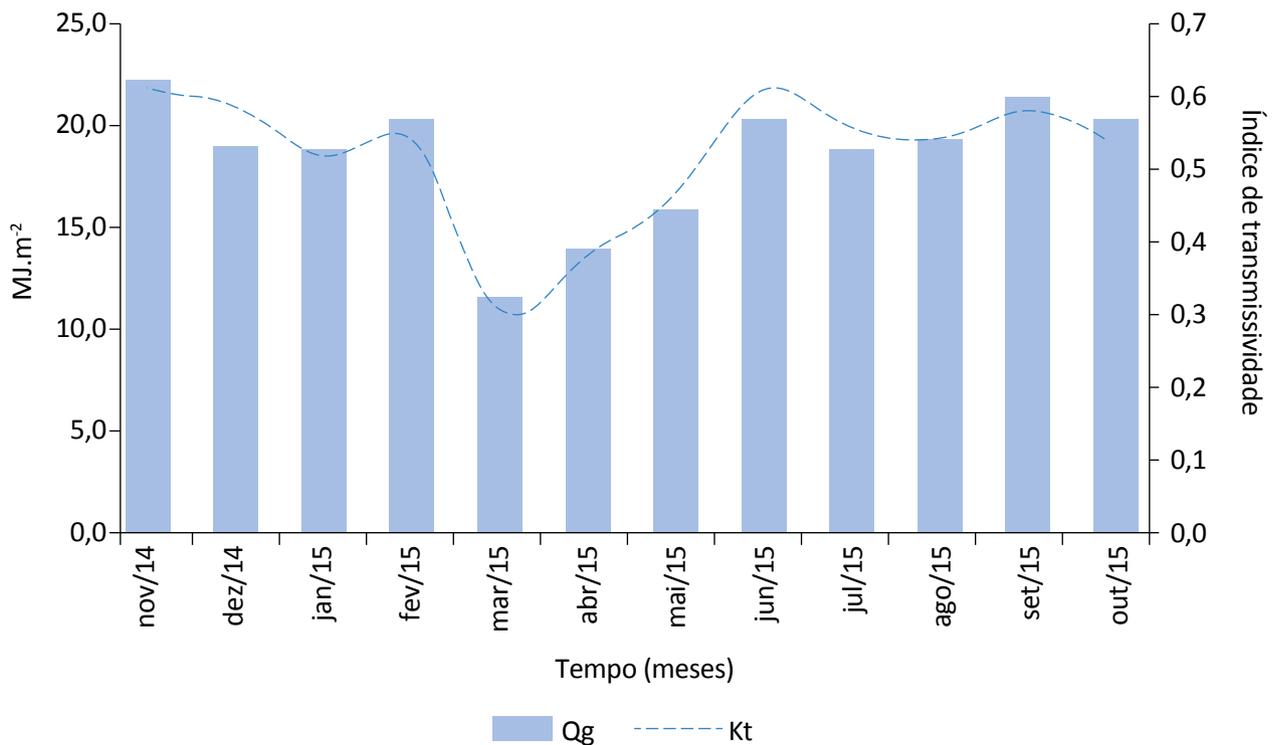
Em relação à composição florística, após um ano de coleta de dados, o monitoramento possibilitou o re-

gistro de 25.772 indivíduos, distribuídos em 3 famílias, 3 gêneros e 3 espécies típicas de manguezal, sendo elas: as famílias Acanthaceae, com a espécie *Avicennia germinans* (L.) L., Combretaceae, com *Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaertn, e Rhizophoraceae, com *Rhizophora mangle* L., em ordem decrescente de regeneração natural relativa (Tabela 1). Além dessas também foram identificadas apenas mais quatro espécies arbustivas e uma arbórea, como forma de caracterização da composição local, das famílias Aizoaceae, com *Sesuvium portulacastrum* (L.), Combretaceae, com *Conocarpus erectus* L., Cyperaceae, com *Eleocharis caribaea* (Rottb.) Blake, Plantaginaceae, com *Bacopa sessiliflora* (Benth.) Edwall e Poaceae, com *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth.

Na estação chuvosa (janeiro de 2015 a junho de 15), obteve-se o registro de 13.104 plântulas. O mês que apresentou maior abundância foi janeiro, com 3.035 indivíduos, representados pelas espécies *Avicen-*

nia germinans (n = 2.950), da família Acanthaceae, *Laguncularia racemosa* (n = 55), pertencente à família Combretaceae, e *Rhizophora mangle* (n = 30), da família Rhizophoraceae. Ao longo do período menos chuvoso (novembro de 2014, dezembro de 2014 e junho a outubro de 2015) houve a contabilização de 12.715 indivíduos regenerantes, de modo que setembro foi o mês que expôs o maior número de espécimes, com 2.734 plântulas, sendo 2.554 de *Avicennia germinans*, 121 de *Laguncularia racemosa* e 59 de *Rhizophora mangle*.

A parcela P1 apresentou o registro de 8.044 indivíduos. Na estação chuvosa, a espécie *Avicennia germinans* foi a mais representativa (n = 3.931; Rn% = 94,01), seguida por *Rhizophora mangle* (n = 124; Rn% = 5,13%) e *Laguncularia racemosa* (n = 8; Rn% = 0,86). Durante a estação menos chuvosa, o mesmo padrão de distribuição foi observado, com *Avicennia germinans* (n = 386; Rn% = 94,89), *Rhizophora mangle*



Q_g: radiação solar global; Kt: índice de transmissividade.

Figura 1 – Radiação solar global e índice de transmissividade entre novembro de 2014 a outubro de 2015, em bosque de mangue em Cuiarana, Salinópolis, Pará.

(n = 113; Rn% = 4,27) e *Laguncularia racemosa* (n = 8; Rn% = 0,83). Foram encontradas ainda as espécies *Sporobolus virginicus* e *Eleocharis caribaea* durante ambos os períodos sazonais.

A parcela P2 contabilizou 1.025 indivíduos, os quais foram distribuídos durante os períodos chuvoso e menos chuvoso, respectivamente, por *Avicennia germinans* (n = 397 e 326; Rn% = 67,17 e 65,92), *Rhizophora mangle* (n = 144 e 119; Rn% = 28,84 e 28,54) e *Laguncularia racemosa* (n = 16 e 23; Rn% = 3,98 e 5,24), além das espécies *Sporobolus virginicus*, *Eleocharis caribaea* e *Sesuvium portulacastrum*.

Na parcela P3 foram encontradas 6.951 plantas, sendo 3.764 de *Avicennia germinans*, determinando Rn% = 99,38, seguidas de *Laguncularia racemosa*, com 5 plantas e Rn% = 0,62 durante a estação chuvosa. Na temporada menos chuvosa, foram computadas plântulas de *Avicennia germinans* (n = 3.151; Rn% = 97,45), *Laguncularia racemosa* (n = 27; Rn% = 2,12) e *Rhizophora mangle* (n = 4; Rn% = 0,43).

Foram ainda registradas as espécies *Sporobolus virginicus*, *Eleocharis caribaea*, *Sesuvium portulacastrum* e *Bacopa sessiflora*.

A parcela P4 apresentou 5.685 indivíduos, distribuídos em apenas duas espécies, nos dois períodos sazonais, em que foram contabilizados nas estações chuvosa e menos chuvosa, respectivamente, *Avicennia germinans* (n = 2.702 e 2.958; Rn% = 98,99 e 98,52) e *Laguncularia racemosa* (n = 10 e 15; Rn% = 1,01 e 1,48).

Em PC foram registrados 4.067 indivíduos, em que no período chuvoso *Avicennia germinans* computou 1.695 plântulas e Rn% = 81,90, *Laguncularia racemosa*, 275 indivíduos e Rn% = 16,89 e *Rhizophora mangle*, 33 indivíduos e Rn% = 1,77. Durante a estação menos chuvosa, foram encontrados 1.794 espécimes de *Avicennia germinans* (Rn% = 84,48), 258 plântulas de *Laguncularia racemosa* (Rn% = 15,01) e 12 indivíduos de *Rhizophora mangle* (Rn% = 0,71), além de estarem presentes as espécies *Sesuvium portulacastrum* e *Sporobolus virginicus*.

Tabela 1 – Composição florística do bosque de mangue do sítio experimental de Cuiarana, Salinópolis, Pará, Brasil.

| Espécie | Família | | Tempo | | | | | | | | | | | | N | FR | DR | Rn% |
|--|----------------|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|------|------|------|
| | | | Nov./14 | Dez./14 | Jan./15 | Fev./15 | Mar./15 | Abr./15 | Mai/15 | Jun./15 | Jul./15 | Ago./15 | Set./15 | Out./15 | | | | |
| <i>Avicennia germinans</i> (L.) L. | Acanthaceae | P1 | 473 | 656 | 1028 | 371 | 520 | 627 | 832 | 553 | 703 | 754 | 696 | 578 | 24.578 | 79,8 | 91,6 | 88,2 |
| | | P2 | 67 | 53 | 86 | 65 | 63 | 62 | 45 | 76 | 53 | 51 | 52 | 50 | | | | |
| | | P3 | 375 | 468 | 849 | 558 | 507 | 706 | 671 | 473 | 587 | 506 | 690 | 525 | | | | |
| | | P4 | 386 | 394 | 679 | 294 | 345 | 390 | 524 | 470 | 401 | 537 | 777 | 463 | | | | |
| | | PC | 265 | 265 | 308 | 289 | 207 | 224 | 359 | 308 | 351 | 272 | 339 | 302 | | | | |
| <i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn. | Combretaceae | P1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 645 | 14,7 | 6,7 | 9,1 |
| | | P2 | 7 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 5 | 5 | 2 | 2 | 6 | | | | |
| | | P3 | | | | | | | | 5 | 24 | 2 | 1 | | | | | |
| | | P4 | 2 | | | | 4 | | | 6 | 5 | 3 | 1 | 4 | | | | |
| | | PC | 24 | 24 | 52 | 37 | 69 | 47 | 37 | 33 | 55 | 33 | 116 | 6 | | | | |
| <i>Rhizophora mangle</i> L. | Rhizophoraceae | P1 | 1 | | 10 | 9 | 45 | 17 | 17 | 26 | 22 | 35 | 30 | 25 | 549 | 5,5 | 1,7 | 2,7 |
| | | P2 | 15 | 16 | 18 | 18 | 20 | 27 | 32 | 29 | 28 | 17 | 20 | 23 | | | | |
| | | P3 | | | | | | | | | | 2 | 1 | 1 | | | | |
| | | P4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | PC | | | 2 | 2 | 3 | 2 | 5 | 19 | 2 | 2 | 8 | | | | | |
| | | | 1.616 | 1.878 | 3.035 | 1.646 | 1.788 | 2.105 | 2.526 | 2.004 | 2.239 | 2.217 | 2.734 | 1.984 | 25.772 | 100% | 100% | 100% |

N: abundância absoluta; FR: frequência relativa; DR: dominância relativa; Rn%: regeneração natural.

A composição florística corrobora os trabalhos de Sales *et al.* (2009) e Seixas *et al.* (2006), em manguezais do nordeste paraense. Matni *et al.* (2006), ao estudarem a estrutura dos bosques de mangue na península de Bragança, no Pará, constataram que a distribuição de espécies é atribuída aos fatores abióticos, como salinidade, inundação e dinâmica costeira, sendo que a *Laguncularia racemosa* geralmente aparece em bordas e canais de clareiras, sendo pioneira na recolonização de clareiras nos manguezais, seja por distúrbios naturais ou antrópicos, como explica Duke (2001). Hadlich *et al.* (2015), Araújo *et al.* (2014), Costa *et al.* (2014) e Abreu *et al.* (2006) destacam que a distribuição de *Rhizophora mangle* e *Avicennia germinans* está mais condicionada aos fatores de salinidade e substrato, sendo *Rhizophora mangle* encontrada em zonas lodosas e de água salobra, e que indicam elevado grau de desenvolvimento desse ecossistema, enquanto *Avicennia germinans* é abrigada em ambientes hipersalinos, pouco inundados e menos lodosos.

O teste *t* de Student mostrou que houve diferença estatística significativa entre o número de indivíduos das parcelas, em relação às estações chuvosa e me-

nos chuvosa ($Média_{\text{Chuvoso}} = 7326,2$; $Média_{\text{Menos chuvoso}} = 2558,80$; $p = 0,043$).

Sobre a variabilidade espaçotemporal da regeneração natural em função da radiação incidente, a ACP extraiu 2 componentes que, somadas, são capazes de explicar 91,5% da variância total dos dados.

A primeira componente (CP1) correspondeu a 83% da variância (Figura 2). O padrão espacial se configura com valores positivos a nordeste (P1 e P2) e negativos a sudeste (P3, P4 e PC), indicando o grau de desenvolvimento das parcelas, no que tange à capacidade de interceptação e ao aproveitamento da radiação solar no espaço.

Na parcela P1, todas as espécies presentes foram favorecidas, sendo *Rhizophora mangle* a mais adaptada ao espaço, caracterizado pelo extremo leste da parcela composto por substrato lodoso de mangue maduro, que, associado ao quantitativo de Q_g , às condições atmosféricas e à plasticidade morfológica da planta, teve seu crescimento mais favorecido do que as demais espécies encontradas nessa parcela. Na parcela P2, *Rhizophora mangle* também se mostrou bem-adaptada, enquanto a espécie de maior

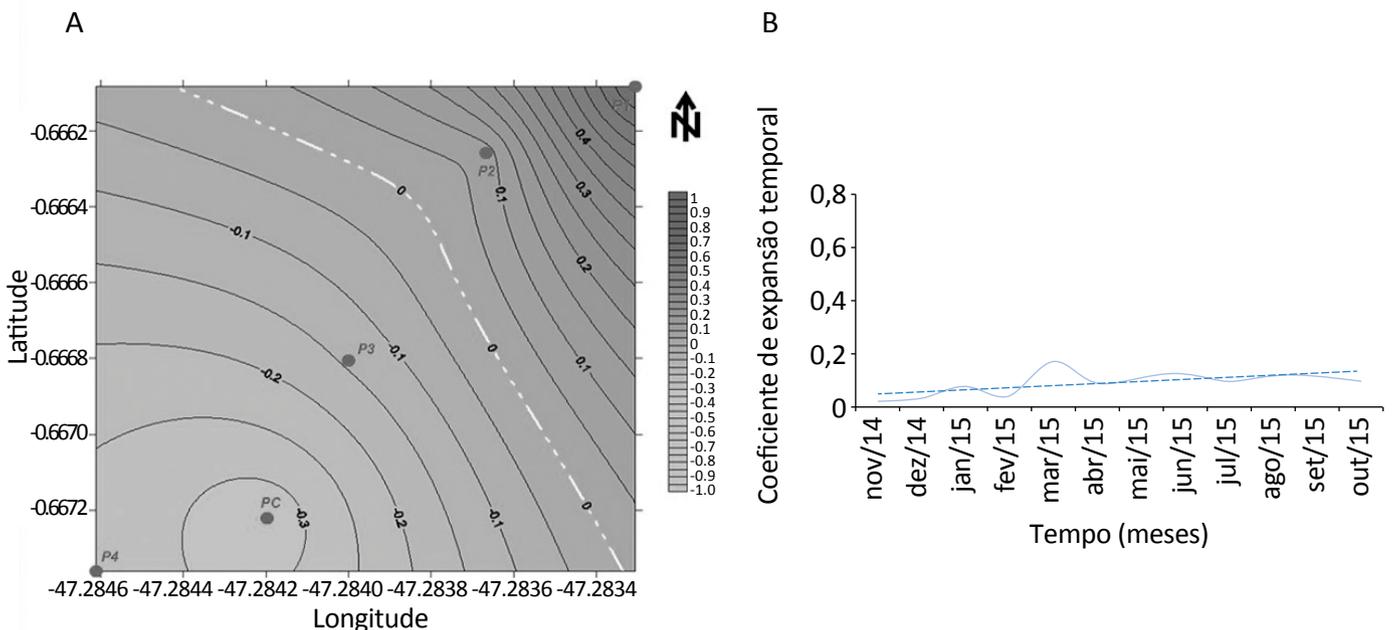


Figura 2 – Padrões de correlação da primeira componente, com 83% da variância total explicada. (A) Autovetores e (B) autovalores, com significância de 95%.

peso negativo foi *Avicennia germinans*, indicando o ambiente desfavorável para sua colonização no espaço. Contudo, em P3 e P4 o padrão é invertido, sendo *Rhizophora mangle* inexistente ao longo de toda a avaliação nessas parcelas e *Avicennia germinans* beneficiada pelo meio. Ademais, em PC o maior peso foi a radiação solar, indicando que ela foi determinante no estabelecimento de plântulas, principalmente das espécies *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*.

Associado aos coeficientes de expansão temporal (autovalores), nota-se que, no geral, esse padrão se mantém constante ao longo do período estudado. Assim, a CP1 revela a variabilidade anual da abundância das espécies e, por essa razão, não são tão perceptíveis as variações espaçotemporais entre os períodos chuvoso e menos chuvoso e entre as parcelas. Contudo, pode-se perceber flutuações positivas entre os meses de janeiro a abril, apresentando o aumento e a redução de indivíduos, em resposta à intensidade de radiação solar incidente, de modo mais acentuado na transição janeiro a março.

Fevereiro foi o mês que apresentou o maior quantitativo de radiação solar ($20,03 \text{ MJ.m}^{-2}$) em relação aos demais meses da estação chuvosa. De modo geral, nesse mês houve perda significativa no número de indivíduos de *Avicennia germinans*, em torno de 50%, em todas as parcelas naturais, quando comparado com a abundância dessa espécie em janeiro. Todavia, ao comparar a mortalidade de plântulas de *Avicennia* entre parcelas naturais e controle, é expressivo o efeito atenuante que a condição de sombreamento proporcionou, na qual houve perda de 6,17% de indivíduos.

A mortalidade de plântulas pode estar relacionada à contribuição dos altos níveis de radiação incidente e aos efeitos da fotoinibição, como explicam Campelo *et al.* (2015), Araújo e Demenics (2009) e Ivanov *et al.* (2008), em que ocorre redução do potencial hídrico das folhas e aumento da evaporação e temperatura vegetal, restringindo o movimento estomático para os processos de transpiração e levando a planta a condições acima do seu limite de tolerância térmica e plasticidade morfológica.

Março correspondeu ao mês, ao longo do período de estudo, que apresentou o menor quantitativo de radiação solar ($11,54 \text{ MJ.m}^{-2}$), determinado em

função da elevada nebulosidade local. Nesse mês houve o recrutamento em todas as parcelas, em resposta às condições luminosas e térmicas menos estressantes. Na parcela P1, houve o crescimento significativo de *Rhizophora mangle* (5 vezes maior do que o mês anterior) e *Avicennia germinans* (em torno de 41%). Em P2, P3 e P4, houve crescimento pouco significativo de indivíduos de todas as espécies típicas de mangue. Em PC, sob as condições de restrição de parte da radiação, houve crescimento de *Laguncularia racemosa*, aproximadamente de 86%, em relação à abundância dessa espécie em fevereiro, enquanto *Avicennia germinans* apresentou perda de quase metade da abundância encontrada anteriormente.

A resposta de perda e crescimento da vegetação do mangue está de acordo com o trabalho de Hanley *et al.* (2008), que afirmam que *Avicennia germinans* é considerada uma espécie heliófila. Assim, ela apresenta características de maior ponto de compensação luminosa do que *Laguncularia racemosa*. Além disso, as condições de salinidade do solo podem ter tido relevância para esse acontecimento, uma vez que a PC apresentou menor topografia, maior influência de maré e, conseqüentemente, menor teor de sódio no solo, gerando um ambiente adverso às exigências ótimas de sobrevivência da espécie (MENEZES *et al.*, 2008).

A segunda componente teve o poder de explicação de 8,5% da variância dos dados e reafirma o padrão espacial encontrado na primeira componente, de modo que possibilita a visualização da variabilidade mensal da regeneração das espécies (Figura 3). Nela fica evidente a caracterização física (fisionomia) de cada parcela e como cada uma determina o crescimento das espécies.

A parcela P1 teve como variável mais expressiva a abundância de *Avicennia germinans*. Essa parcela é praticamente coberta por vegetação rasteira e ladeada por vegetação arbórea desenvolvida de terra firme e de mangue, e apresenta elevação topográfica entre 8 e 10 m do nível do mar. Logo, é composta por múltiplas facetas em função do maior índice de área foliar, o que permite melhor aproveitamento por meio do espalhamento da radiação (MARTINS *et al.*, 2015; PILAU; ANGELOCCI, 2015; SOUZA *et al.*, 2012).

A espécie *Rhizophora mangle* apresentou maior representatividade na parcela P2. Essa parcela apresenta pequenas manchas de vegetação distribuídas ao longo da área, com características de alta capacidade refletora, em relação as demais, devido ao solo exposto (REBOUÇAS *et al.*, 2015; QUERINO *et al.*, 2013), e situa-se em topografia entre 5 e 7 m do nível do mar.

As parcelas P3, P4 e PC apresentam as mesmas fisionomias, com vegetação bem distribuída em toda a área e elevação topográfica entre 5 e 7 m do nível do mar. Em P3 e P4, a maior representatividade foi de *Avicennia germinans*, enquanto em PC o maior peso foi da Q_8 .

Ao comparar os escores temporais, pode-se visualizar o comportamento de crescimento nas estações chuvosa e menos chuvosa, observado pelas oscilações entre os meses de fevereiro a julho. Na estação chuvosa e no início de transição para menos chuvosa, durante os meses de abril (13,09 MJ.m⁻²), maio (15,95 MJ.m⁻²) e junho (20,16 MJ.m⁻²), em PC o crescimento de *Laguncularia racemosa* não foi tão evidente, ao passo que houve crescimento para *Avicennia germinans* e *Rhizophora mangle*. Isso indica que as condições de sombreamento associadas às condições atmosféricas

favoreceram o crescimento de *Avicennia germinans*, ao atingir mais rapidamente o seu ponto fótico. Além disso, a dispersão de propágulos pode ter beneficiado o aparecimento de *Rhizophora mangle* na parcela (LARCHER, 2004; DUKE, 2001). Lopes *et al.* (2013) constataram que *Rhizophora mangle* apresenta crescimento, independentemente das condições luminosas, tendo maior importância as condições do substrato em que a espécie está inserida.

Durante o período menos chuvoso, notam-se picos positivos em julho e negativos em agosto, quando o padrão espacial é então invertido. Em julho, a radiação incidente foi de 18,7 MJ.m⁻² e pode ter determinado o crescimento considerável de plântulas de *Avicennia germinans* em P1, devido à estrutura fisionômica da parcela. Em P2, houve perda de indivíduos da espécie *Avicennia germinans* que pode ser atribuída às condições de estresse térmico nas camadas superficiais do solo desnudo, estados esses sujeitos a receber maior concentração de radiação incidente (SANTOS, 2012; MARENCO; LOPES, 2009). Em P3 e P4, também houve redução de indivíduos dessa espécie, mas em menor grau do que em P2, devido a maior interceptação da radiação solar, pela cobertura vegetal e pela influência da maré, que ateu-

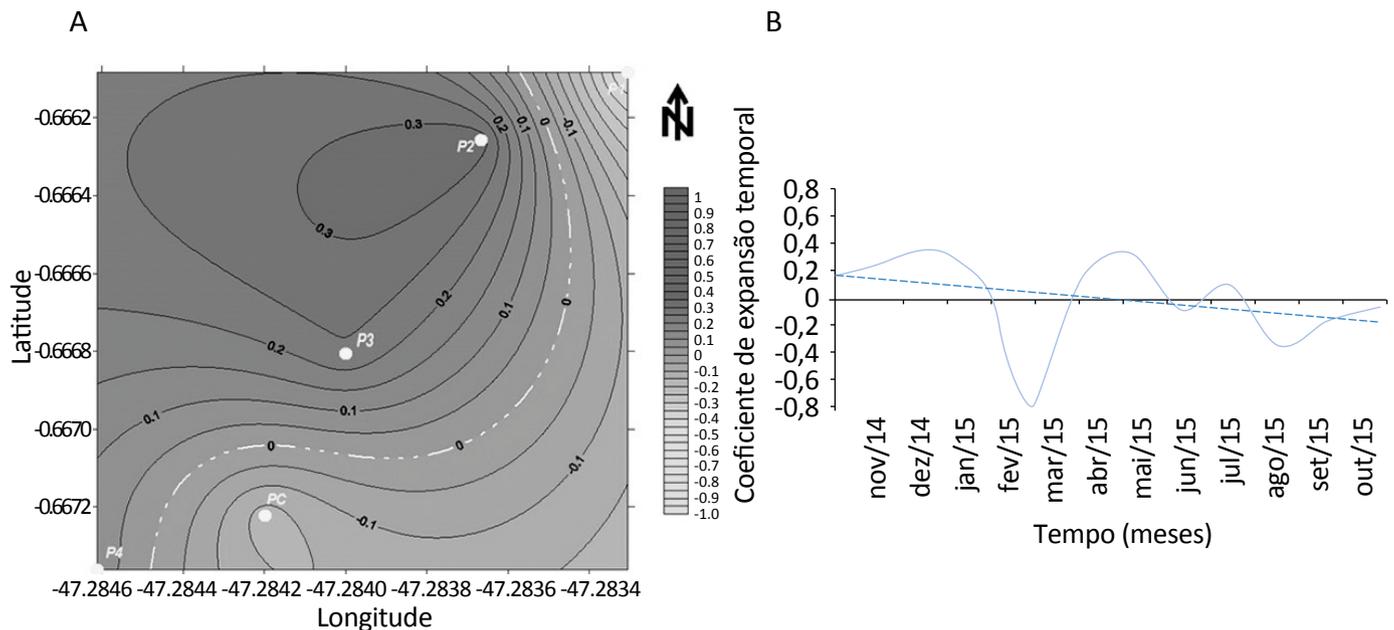


Figura 3 – Padrões de correlação da primeira componente, com 8,5% da variância total explicada. (A) Autovetores e (B) autovalores, com significância de 95%.

nuaram o efeito do estresse térmico (RIBEIRO *et al.*, 2010). Em PC, foi possível notar o padrão constante no crescimento de *Laguncularia racemosa* e sua manutenção no espaço.

A análise de variância permitiu observar a influência da radiação solar no crescimento de cada espécie nas parcelas, para as estações chuvosa e menos chuvosa (Tabela 2). O crescimento de *Rhizophora mangle* mostrou-se estar mais relacionado ao substrato em que a espécie está inserida do que à intensidade de radiação incidente propriamente dita, independentemente do período sazonal, uma vez que seu crescimento foi melhor em P1 e P2, que, mesmo sendo parcelas muito distintas em relação à estrutura horizontal, não diferem estatisticamente.

Contudo, o crescimento de *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa* foi determinado pelo quantitativo de radiação incidente. Nas parcelas em que a interceptação da radiação solar foi maior, em função do grau de rugosidade local, *Avicennia germinans* se comportou de modo variado, sendo favorecida pelo grau de cobertura vegetal, maiores em P1, P3 e P4.

Em relação à *Laguncularia racemosa*, o sombreamento em PC foi determinante para seu estabele-

cimento, mostrando que, em estágio inicial, essa espécie, apesar de ser reconhecida como heliófila (SALES *et al.*, 2009), cresce também em condições de sombreamento, sendo, por isso, tolerante à sombra.

Os resultados encontrados neste estudo corroboram o trabalho de Lopes *et al.* (2013), ao estudarem mudas dessas espécies em condições de viveiro, em que concluíram que o crescimento de *Avicennia germinans* foi mais eficiente com sombreamento de 30% e o de *Laguncularia racemosa* foi tolerante ao sombreamento de 60%.

Entretanto, é importante ressaltar que as complexas interações entre os fatores abióticos e bióticos nos ambientes naturais determinam a dinâmica de regeneração (CHAZDON, 2012). Assim, fatores externos, como chuvas intensas, que auxiliam na diluição de sódio no solo e fazem o carregamento e a deposição de matéria orgânica e nutrientes a essas áreas (BARR *et al.*, 2013; REEF *et al.*, 2010), bem como os gradientes de inundação, que dão suporte às síndromes de dispersão, podem também ter algum efeito e precisam ser investigados localmente.

Tabela 2 – Valores médios de abundância das espécies em cada parcela durante os períodos chuvoso e menos chuvoso, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

| Parcela | N | | |
|-----------------------|---------------------|--------------------|------------------|
| | <i>A. germinans</i> | <i>L. racemosa</i> | <i>R. mangle</i> |
| Período chuvoso | | | |
| P1 | 655,17 a | 1,33 b | 20,67 a |
| P2 | 66,17 c | 2,67 b | 24 a |
| P3 | 627,33 a | 0,83 b | 0 b |
| P4 | 450,33 ab | 1,67 b | 0 b |
| PC | 282,50 bc | 45,83 a | 5,50 b |
| Período menos chuvoso | | | |
| P1 | 643,33 a | 1,33 b | 18,83 a |
| P2 | 54,33 c | 3,83 b | 19,83 a |
| P3 | 525,17 a | 4,50 b | 0,67 b |
| P4 | 493 a | 2,50 b | 0 b |
| PC | 299 b | 43 a | 2 b |

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

CONCLUSÃO

Houve diferença significativa de abundância das espécies encontradas entre os períodos chuvoso e menos chuvoso.

Durante o período chuvoso, a expressiva mortalidade de indivíduos em parcelas naturais se deu pelos elevados níveis de Q_g , em fevereiro de 2015, em função das condições atmosféricas moduladas pela atuação do fenômeno El Niño.

A intensidade de radiação solar incidente beneficiou expressivamente o recrutamento de indivíduos de *Avicennia germinans*, quando em áreas de melhor cobertura vegetal, com quantidades intermediárias de radiação solar (entre 11 MJ.m⁻² e 20 MJ.m⁻² mensais).

A espécie *Laguncularia racemosa* exige menor quantidade de radiação solar do que *Avicennia germinans*, com tolerância a 50% de sombreamento.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M. M. O.; MEHLIG, U.; NASCIMENTO R. E. S. A.; MENEZES M. P. M. 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. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi: Ciências Naturais*, Belém, v. 1, n. 3, p. 27-34, 2006.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. *FAO - Irrigation and Drainage Paper*, Roma, n. 56, 1998.
- AMANAJÁS, J. C.; BRAGA, C. C. Padrões espaço-temporal pluviométricos na Amazônia Oriental utilizando análise multivariada. *Revista Brasileira de Meteorologia*, São José dos Campos, v. 27, n. 4, p. 423-434, 2012.
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (APG III). An update of the Angiosperm Phylogeny Group Classification for the others and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, v. 161, n. 2, p. 105-121, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x>
- ARAÚJO, E. C.; COSTA, R. S.; LOPES, E. C.; DAHER, R. F.; FERNANDES, M. E. B. Qualidade de espécies arbóreas de mangue cultivadas em viveiro e diferentes substratos. *Acta Ambiental Catarinense*, Chapecó, v. 11, n. 1-2, p. 21-32, 2014.
- ARAÚJO, S. A. C.; DEMINICIS, B. B. Fotoinibição da fotossíntese. *Revista Brasileira de Biociência*, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 463-472, 2009.
- BARR, J. G.; FUENTES, J. D.; DELONGE, M. S.; O'HALLORAN, T. L.; BARR, D.; ZIEMAN, J. C. Summertime influences of tidal energy advection on the surface energy balance in mangrove forest. *Biogeosciences*, Alemanha, v. 10, p. 501-511, 2013. <https://doi.org/10.5194/bg-10-501-2013>
- BELÚCIO, L. P.; SILVA, A. P. N.; SOUZA, L. R.; MOURA, G. B. de A. Radiação solar global estimada a partir da insolação para Macapá (AP). *Revista Brasileira de Meteorologia*, São José dos Campos, v. 29, n. 4, p. 494-504, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620130079>
- CAMPELO, D. H.; LACERDA, C. F.; SOUSA, J. A.; CORREIA, D.; BEZERRA, A. M. E.; ARAÚJO, J. D. M.; NEVES, A. L. R. Trocas gasosas e eficiência do fotossistema II em plantas de seis espécies florestais em função do suprimento de água no solo. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 39, n. 5, p. 973-983, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000500020>
- CHAZDON, R. Regeneração de florestas tropicais. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais*, Belém, v. 7, n. 3, p. 195-218, 2012.
- COSTA, D. F. S.; ROCHA, R. M.; CESTARO, L. A. Análise fitoecológica e zonação de manguezal em estuário hipersalino. *Mercator*, Fortaleza, v. 13, n. 1, p. 119-126, 2014. <http://dx.doi.org/10.4215/RM2014.1301.0009>

- CURTIS, J. T.; MCINTOSH, R. P. An upland forest continuum in the prairie Forest border regions of Wisconsin. *Ecology*, v.32, n. 3, p. 476-496, 1951. <http://dx.doi.org/10.2307/1931725>
- DIAS-TERCEIRO, R. G.; PEIXOTO, G. M.; PESSOA, T. S. A.; NECO, E. C. Influência de variáveis ambientais sobre a densidade de plântulas arbustivas e arbóreas em Floresta de Terra-Firme na Amazônia central. *Biotemas*, Florianópolis, v. 27, n. 3, p. 191-195, 2014. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2014v27n3p191>
- DOMINICK, D.; JUAHIR, H.; LATIF, M. T.; ZAIN, S. M.; ARIS, A. Z. Spatial assessment of air quality patterns in Malaysia using multivariate analysis. *Atmospheric Environment*, v. 60, p. 172-181, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.06.021>
- DUKE, N. Gap creation and regenerative processes driving diversity and structure of mangrove ecosystems. *Wetlands Ecology and Management*, v. 9, n. 3, p. 267-279, 2001. <https://doi.org/10.1023/A:1011121109886>
- FERNANDES, D. A. J. *Radiação solar na regeneração natural de manguezais do nordeste paraense*. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) –Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.
- FINOL, U. H. Nuevos parámetros a considerarse en el análisis estructural de las selva vírgenes tropicales. *Revista Forestal Venezolana*, Venezuela, v. 14, n. 21, p. 29-42, 1971.
- GALVANI, E.; LIMA, N. G. B. Radiação solar acima e abaixo de dossel de manguezal na barra do Ribeira do Iguape, SP. *Revista Geografia Acadêmica*, Boa Vista, v. 5, n. 1, p. 59-67, 2011.
- GUO, H.; WEAVER, C.; CHARLES, S. P.; WHITT, A.; DASTIDAR, S.; D'ODORICO, P.; FUENTES, J. D.; KOMINOSKI, J. S.; ARMITAGE, A. R.; PENNING, S. Coastal regime shifts: Rapid responses of coastal wetlands to changes in mangroves cover. *Ecology*, v. 98, n. 3, p. 762-772, 2017. <https://doi.org/10.1002/ecy.1698>
- HAAG, R.; KRENZINGER, A. Análise da influência de parâmetros atmosféricos e locais na distribuição espectral da radiação solar. *Revista Brasileira de Energia Solar*, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 23-33, 2010.
- HADLICH, G. M.; GARCIA, K. S.; ANDRADE, C. L. N.; UCHA, J. M. Estrutura da vegetação na transição apicum-manguezal e indicações de alterações ambientais. *Caderno de Geociências*, Salvador, v. 12, n. 1-2, p. 69-76, 2015.
- HANLEY, R.; MAMONTO, D.; BROADHEAD, J. *Coastal Forest Rehabilitation Manual for Aceh Province and North Sumatra*. Bangkok: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2008. 66 p.
- HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; OLIVEIRA JUNIOR, G. J. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. *Engineering and Science*, Mato Grosso, v. 5, n. 1, p. 83-90, 2016. <http://dx.doi.org/10.18607/ES201653398>
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). *Banco de dados meteorológicos da estação automática de Salinópolis*. INMET, 2013. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf>. Acesso em: 30 abr. 2016.
- IVANOV, A.; HURRY, V.; SANE, P.; ÖQUIST, G.; HUNER, N. Reaction centre quenching of excess light energy and photoprotection of photosystem II. *Journal of Plant Biology*, v. 51, p. 85-96, 2008. <https://doi.org/10.1007/BF03030716>
- JARDIM, D. G.; JARDIM, M. A. G.; QUARESMA, A. C.; COSTA NETO, S. V. Regeneração natural em formações florestais de uma Unidade de Conservação, Maracanã, Pará, Brasil. *Biota Amazônia*, Macapá, v. 3, n. 2, p. 79-87, 2013. <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v3n2p79-87>
- LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos. RiMa Artes e Textos, 2004. 531 p.

- LEBRIJA-TREJOS, E.; PÉREZ-GARCIA, E. A.; MEAVE, J. A.; BONGERS, F.; POORTER, L. Functional traits and environmental filtering drive community assembly in a species-rich tropical system. *Ecology*, v. 91, n. 2, p. 386-398, 2010. <https://doi.org/10.1890/08-1449.1>
- LIMA, N. G. B.; GALVANI, E. Mangrove Microclimate: A case Study from Southeastern Brazil. *Earth Interactions*, v. 17, p. 1-16, 2013. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/doi/citedby/10.1175/2012EI000464.1>>. Acesso em: 18 fev. 2016. <https://doi.org/10.1175/2012EI000464.1>
- LIMA, T. M. J.; TOGNELLA, M. M. P. Estrutura e Função dos Manguezais: Revisão Conceitual. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 1801-1827, 2012.
- LOPES, E. C.; ARAÚJO, E. C.; COSTA, R. S.; DAHER, R. F.; FERNANDES, M. E. B. Crescimento de mudas de mangue sob diferentes níveis de sombreamento na península de Ajuruteua, Bragança, Pará. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 43, n. 3, p. 291-296, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672013000300004>
- MAGNAGO, L. F. S.; MARTINS, S. V.; VENZKE, T. S.; IVANAUSKAS, N. M. Os processos e estágios sucessionais da Mata Atlântica como referência para restauração florestal. In: MARTINS, S. V. (Org.). *Restauração ecológica de ecossistemas degradados*. Viçosa: Editora UFV, 2012. p. 69-100.
- MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. *Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral*. Viçosa: Editora UFV, 2009. 484 p.
- MARTINS, M. Q.; MARÇAL, T. S.; SOUZA, M. F.; COELHO, R. I. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de laranja "folha murcha". *Revista de Ciências Agrárias*, Lisboa, v. 38, n. 3, p. 407-413, 2015.
- MATNI, A. S.; MENEZES M. P. M.; MEHLIG, U. Estrutura dos bosques de mangue da península de Bragança, Pará, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais*, Belém, v. 1, n. 3, p. 43-52, 2006.
- MAUÉS, B. A. R.; JARDIM, M. A. G.; BATISTA, F. J.; MEDEIROS, T. D. S.; QUARESMA, A. C. Composição florística e estrutura do estrato inferior da Floresta de várzea na Área de Proteção Ambiental Ilha do Combú, Município de Belém, Estado do Pará. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 35, n. 3, supl. 1, p. 669-677, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000400011>
- MENEZES, M. P. M.; BERGER, U.; MEHLIG, U. Mangrove vegetation in Amazonia: a review of studies from coast of Pará and Maranhão States, north Brazil. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 38, n. 3, p. 403-420, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672008000300004>
- MISSOURI BOTANICAL GARDEN. *Portal*. Disponível em: <<http://www.tropicos.org>>. Acesso em: 14 nov. 2015.
- MOOJEN, T. M. B.; CAVALCANTE, R. B. L.; MENDES, C. A. B. Avaliação da radiação solar com base em dados de nebulosidade. *Geografia*, Londrina, v. 21, n. 3, p. 41-55, 2012. <http://dx.doi.org/10.5433/2447-1747.2012v21n3p41>
- MORAES, B. C.; COSTA, J. M. N.; COSTA, A. C. L.; COSTA, M. H. Variação espacial e temporal da precipitação no Estado do Pará. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 35, n. 2, p. 207-214, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672005000200010>
- NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. *Portal*. Disponível em <<http://www.noaanews.noaa.gov>>. Acesso em: 20 fev. 2016.
- OSLAND, M. J.; FEHER, L. C.; GRIFFITH, K. T.; CAVANAUGH, K. C.; ENWRIGHT, N. M.; DAY, R. H.; STAGG, C. L.; KRAUSS, K. W.; HOWARD, R. J.; GRACE, J. B.; ROGERS, K. Climatic controls on the global distribution, abundance, and species richness of mangrove forests. *Ecological Monographs*, Washington, v. 87, n. 2, p. 341-359, 2017. <https://doi.org/10.1002/ecm.1248>
- PILAU, F. G.; ANGELOCCI, L. R. Área foliar e interceptação de radiação solar pela copa de uma laranja. *Bragantia*, Campinas, v. 74, n. 4, p. 476-482, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0130>

- QUERINO, C. A. S.; MOURA, M. A. L.; QUERINO, J. K. A. da S. Impacto do desmatamento de uma área de mangue no albedo superficial. *Revista Brasileira de Meteorologia*, São José dos Campos, v. 28, n. 4, p. 401-408, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862013000400006>
- QUERINO, C. A. S.; MOURA, M. A. L.; QUERINO, J. K. A. da S.; RADOW, C. V.; MARQUES FILHO, A. O. Estudo da radiação solar global e do índice de transmissividade de (Kt), externo e interno, em uma floresta de mangue em Alagoas — Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, São José dos Campos, v. 26, n. 2, p. 204-214, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862011000200005>
- RAO, V. B.; HADA, K. Characteristics of rainfall over Brazil: annual variations and connections with the Southern oscillations. *Theoretical and Applied Climatology*, Viena, v. 42, n. 2, p. 81-91, 1990. <https://doi.org/10.1007/BF00868215>
- REBOUÇAS, P. M.; DIAS, I. F.; ALVES, M. A.; BARBOSA FILHO, J. A. D. Radiação solar e temperatura do ar em ambiente protegido. *Revista Agroambiental*, Pouso Alegre, v. 7, n. 2, p. 115-125, 2015. <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v7n22015610>
- REEF, R.; FELLER, C. I.; LOVELOCK, C. E. Nutrition of mangroves. *Tree Physiology*, Oxford, v. 30, n. 9, p. 1148-1160, 2010. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpq048>
- RIBEIRO, J. B. M.; ROCHA, E. J. P.; COHEN, J. C. P.; MATTOS, A.; SOUZA, P. J. P. O.; FERREIRA, M. A. V. Estudo micrometeorológico do Manguezal de Bragança-PA. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, Lisboa, v. 8, n. 2, p. 1-11, 2010.
- RODRIGUES, J. C.; SOUZA, P. J. O. P.; LIMA, R. T. Estimativa de temperaturas basais e exigência térmica em mangueiras no nordeste do estado do Pará. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 143-150, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452013000100017>
- ROPPA, C.; VALCARCEL, R.; BAYLÃO JÚNIOR, H. F. Avaliação da regeneração em ecossistemas perturbados como indicador da restauração em ambientes com marcada estacionalidade, Nova Iguaçu (RJ). *Revista Floresta*, Curitiba, v. 42, n. 2, p. 257-268, 2012.
- SALES, J. B. L.; MEHLIG, U.; NASCIMENTO, J. R.; RODRIGUES FILHO, L. F.; MENEZES, M. P. M. Análise estrutural de dois bosques de mangue do rio Cajutuba, município de Marapanim, Pará, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais*, Belém, v. 4, n. 1, p. 27-35, 2009.
- SANTOS, A. L. G. Os níveis hierárquicos dos manguezais e os controles e atributos climáticos. *Revista Geonorte*, Manaus, v. 1, n. 5, p. 679-691, 2012.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. *Grupo de ecossistemas: manguezal, marisma e apicum*. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 2000. 119 p.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; SORIANO-SIERRA, E. J.; VALE, C. C.; BERNINI, E.; ROVAI, A. S.; PINHEIRO, M. A. A.; SCHMIDT, A. J.; ALMEIDA, R.; COELHO JÚNIOR, C.; MENGHINI, R. P.; MARTINEZ, D. I.; ABUCHAHLA, G. M. O.; CUNHA-LIGNON, M.; CHARLIER-SARUBO, S.; SHIRAZAWA-FREITAS, J.; CINTRÓN-MOLERO, G. Climate changes in mangrove forests and salt marshes. *Brazilian Journal of Oceanography*, São Paulo, v. 64, n. 2, p. 37-52, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-875920160919064sp2>
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; VALE, C. C.; CINTRÓN, G. Protocolo de monitoramento do ecossistema manguezal — estrutura e características funcionais — como indicador de mudanças climáticas. In: TURRA, A.; DENADAI, M. R. (Orgs.). *Protocolos de campo para o monitoramento de habitats bentônicos costeiros: Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros*. São Paulo: ReBentos, 2015. p. 59-76.
- SCHMIDT, A. J.; BEMVENUTI, C. E.; DIELE, K. Sobre a definição da zona de apicum e sua importância ecológica para populações de caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763). *Boletim Técnico Científico CEPENE*, v. 19, n. 1, p. 9-25, 2013.

- SEIXAS, J. A. S.; FERNANDES, M. E. B.; SILVA E. Análise estrutural da vegetação arbórea dos mangues no Furo Grande, Bragança, Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais*, Belém, v. 1, n. 3, p. 35-43, 2006.
- SHARMA, G. P.; RAGHUBANSHI, A. S. Tree population structure, regeneration and expected future composition at different levels of *Lantana camara* L. invasion in the Vindhyan tropical dry deciduous forest of India. *Lyonia*, v. 11, n. 1, p. 27-39, 2006. Disponível em: <<http://www.lyonia.org/downloadPDF.php?pdfID=2.475.1>>. Acesso em: 24 maio 2016.
- SHONO, K.; DAVIES, S. J.; KHENG, C. Y. Regeneration of native plant species in restored forests on degraded lands in Singapore. *Forest Ecology and Management*, v. 237, n. 1-3, p. 574-582, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2006.10.003>
- SILVA, E. R. A. C.; GALVÍNCIO, J. D.; BRANDÃO NETO, J. L. S.; MORAIS, Y. C. B. Space-time analysis of environmental changes and your reflection on the development of phenological of vegetation of mangrove. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, Madison, v. 4, n. 1, p. 245-253, 2015. <http://dx.doi.org/10.15640/jaes.v4n1a30>
- SOARES, M. L. G.; ESTRADA, G. C. D.; FERNANDEZ, V.; TOGNELLA, M. M. P. Southern limit of the Western South Atlantic mangroves: Assessment of the potential effects of global warming from a biogeographical perspective. *J. Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 101, n. 10, p. 44-53, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2012.02.018>
- SOUZA, E. B.; AMBRIZZI, T. Pentad precipitation climatology over Brazil and the associated atmospheric mechanisms. *Climanálise*, São José dos Campos, v. 5, n. 6, p. 36-44, 2003.
- SOUZA, P. J. O. P.; RIBEIRO, A.; ROCHA, E. J. P, FARIAS, J. R. B.; SOUZA, E. B. Sazonalidade no balanço de energia em áreas de cultivo de soja na Amazônia. *Bragantia*, Campinas, v. 71, n. 4, p. 548-557, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052012000400013>
- SOUZA, P. J. O. P.; ROCHA, E. J. P.; RIBEIRO, A. Impactos do avanço da soja no balanço de radiação no leste da Amazônia. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 43, n. 2, p. 169-178, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672013000200006>
- SOUZA FILHO, P. W. M.; EL-ROBRINI, M. Morfologia, processos de sedimentação e litofácies dos ambientes morfo-sedimentares da planície costeira bragantina, nordeste do Pará, Brasil. *Geonomos*, Belo Horizonte, v. 4, n. 2, p. 1-16, 1996.
- VALE, C. C. Correlação entre os processos erosivos e sedimentares e o comportamento das espécies vegetais dos manguezais da foz do rio São Mateus, litoral norte do Estado do Espírito Santo. *GEOUSP - Espaço e Tempo*, São Paulo, n. 27, p. 113-134, 2010. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2010.74158>
- VENTUROLI, F.; FELFILI, J. M.; FAGG, C. W. Avaliação estacional semidecidual secundária, em Pirinópolis, Goiás. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 473-483, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000300010>
- WILKS, D. S. *Statistical methods in the atmospheric sciences*. Nova York: Elsevier, 2011. 704 p.
- WOLANSKY, E.; BRINSON, M. M.; CAHOON, D.; PERILLO, G. M. E. Coastal Wetlands: a synthesis. In: PERILLO, G. M. E.; WOLANSKI, E.; CAHOON, D. R.; BRINSON, M. M. (Orgs.). *Coastal wetlands: an integrated ecosystem approach*. The Netherlands: Elsevier, 2009. 62 p.
- YETEMEN, O.; ISTANBULLUOGLU, E.; DUVALL, A. R. Solar radiation as a global driver of hillslope asymmetry: Insights from an ecogeomorphic landscape evolution model. *Water Resources Research*, v. 51, n. 12, p. 9843-9861, 2015. <https://doi.org/10.1002/2015WR017103>

