Revista Brasileira de Geografia Física

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

Efeitos da dinâmica pluviométrica na interceptação e precipitação interna em uma encosta com Floresta Atlântica no Parque Nacional da Tijuca, RJ, Brasil

Felipe Soter de Mariz e Miranda¹, André de Souza Avelar²

¹Dr. em Geografia, Pesquisador colaborador do Laboratório Interdisciplinar de Estudos Geoambientais da Universidade Federal do Rio de Janeiro, LIEG-UFRJ, Av Athos da Silveira Ramos 149, Departamento de Geografia, sala H-15 - Ilha do Fundão, Rio de Janeiro - RJ, 21941-909, felipesoter@yahoo.com.br (autor para correspondência). ²Geólogo, Dr. em Geografia, Professor Adjunto do Departamento de Geografia da UFRJ e Coordenador do LIEG, Av Athos da Silveira Ramos 149, Departamento de Geografia, sala H-15 - Ilha do Fundão, Rio de Janeiro - RJ, 21941-909, andre.avelar@globo.com

Artigo recebido em 19/12/2020 e aceito em 14/06/2021

RESUMO

Em vista à importância da cobertura vegetal para o balanço hídrico, o presente trabalho objetivou analisar os efeitos da dinâmica pluviométrica sobre a precipitação interna e o processo interceptação da água da chuva pela vegetação em uma encosta florestada do Parque Nacional da Tijuca. Foram discutidas as influências de um conjunto de variáveis independentes dadas pela dinâmica hidrometeorológica (volume e intensidade de precipitação inicial e estiagem antecedente) para variações temporais no volume e percentuais de interceptação, assim como no volume de precipitação interna, acoplada a uma análise espacial dada pela comparação entre diferentes posições na encosta (divisor de drenagem; alta encosta, baixa encosta; e fundo de vale) onde há heterogeneidade na estrutura da vegetação induzida pelo contexto geomorfológico. A interceptação da chuva em cada evento varia de forma diretamente proporcional ao tempo de estiagem antecedente, com o efeito complementar do volume de chuva nos 15 dias anteriores. Os percentuais interceptados variam em relações inversamente proporcionais ao volume de chuva inicial e suas intensidades de precipitação. É em relação à interceptação que mais significativamente se manifestam as variações espaciais, com destaque para menores valores no divisor de drenagem onde a abertura do dossel é maior. A precipitação interna varia no tempo sob forte influência – diretamente proporcional – dos volumes de precipitação inicial, sendo ainda melhor explicada quando considerada também a estiagem antecedente. As variações espaciais na precipitação interna são menos significantes do que em relação à interceptação, reduzindo a significância à medida que o volume de chuva inicial é maior.

Palavras-chave: dinâmica pluviométrica; interceptação; precipitação interna.

Effects of rainfall dynamics on interception and net precipitation on a Atlantic forested hillslope in Tijuca National Park, RJ, Brazil

ABSTRACT

Given the importance of vegetation cover for the hydric balance, the present paper aimed to analyze the pluviometric dynamics for the net precipitation and interception process, in the forested hillslope in the Tijuca National Park. The influence by a set of independent variables given by hydrometeorological dynamics (rainfall volume and intensity and drought context) was discussed face the temporal modulation for interception and net precipitation, coupled a spatial analyze given by comparisons between hillslope positions (summit; upper hillslope; lower hillslope; valley bottom), where there is a vegetation structure heterogeneity originated by geomorphological context. The volume intercepted at each event varies directly proportional to the antecedent drought time, with the complementary effect of the rainfall volume in the previous 15-days. The percentual interception varies inversely proportional to the gross precipitation and its intensity. It is about the interception which best manifests the significance of the spatial variations, with highlights for the summit area, where the canopy openness is bigger. The net precipitation varies under the strong influence – directly proportional – by gross precipitation volumes, being better explained with the complementary effect by the previous drought. The spatial variations on the net precipitation are less significant in comparison to the interception, decreasing the significance in the time of increase of the gross precipitation volumes.

Keywords: rainfall dynamics; interception; net precipitation.

Introdução

A água é um dos principais agentes do trabalho geomorfológico (Belle et al., 2018; Cogan et al., 2018; Marin, 2020). Além disto, é o composto mais importante para os seres vivos (Orisa-Ubi, 2020; Reis et al., 2021), de forma que a sua disponibilidade é um dos principais fatores de distribuição espacial dos diferentes tipos de formação vegetal e, até mesmo, das sociedades (Nel et al., 2017; Ribeiro et al., 2021). A chuva impulsiona (junto a outros fatores) o desenvolvimento florestal, e este, por sua vez, interfere na dinâmica hidrológica e da evolução do relevo, uma vez que a cobertura vegetal retém e redistribui fluxos de água da chuva (Magliano et al., 2019; Momolli et al., 2019; Queiroz, 2020).

A chuva, ao entrar em contato com a vegetação de uma determinada área, pode seguir três rotas distintas: (i) ser captada e permanecer armazenada (até evaporar) nos tecidos vegetais (interceptação); (ii) ser captada e fluir através dos tecidos de sustentação das plantas até o solo (fluxos de tronco); (iii) atravessar ou gotejar para o ambiente abaixo das copas (precipitação interna) (Livesley et al., 2014; Van Stan e Stubbins, 2018; Magliano et al., 2019; Arcova et al., 2020a; Paula et al. 2020). Em termos de média global (diferentes biomas florestais e arbustivos), a interceptação pelas copas e os fluxos de tronco representam cerca 21.8% e 3.2% da precipitação incidente, respectivamente (Yue et al., 2021). Cerca de 73% da chuva costuma alcançar o solo como precipitação interna. Na Mata Atlântica, os fluxos de tronco costumam representar menos de 2% dos volumes de chuva incidente (Sá et al., 2016; Terra et al., 2018), e um percentual entre 15 e 30% da chuva pode ficar retido nos tecidos aéreos da vegetação, com tendência de retorno à atmosfera por evaporação, sendo esta a fração de interceptação (Sá et al., 2016; Marques et al., 2018; Arcova et al., 2020a; Paula et al., 2020). Em geral, a proporção de chuva a formar fluxos de tronco costuma ser governado pela forma das árvores, enquanto a proporção entre interceptação e precipitação interna costuma ser controlada pela quantidade de biomassa e características dos eventos de chuva como volume e intensidade de precipitação (Yue et al., 2020).

Em ambientes de dossel fechado como as formações florestais da Mata Atlântica, uma parte muito pequena da chuva alcança o solo sem tocar antes algum estrato do dossel (Arcova et al., 2020a). A maior parte da água que atravessa o dossel (precipitação interna) goteja a partir de tecidos foliares das copas, muitas vezes,

fracionando gotas maiores e reduzindo a energia de impacto da chuva no topo do solo (Levia et al., 2017). A capacidade de interceptação de chuva pela vegetação pode ser também influenciada pela declividade do terreno, à medida que pode influenciar a densidade de árvores (Arcova et al., 2020b). A precipitação interna em ambientes florestais ainda tem parte de seu volume retido e redistribuído por outro compartimento de origem predominantemente vegetal: a serapilheira. Este compartimento apresenta capacidade de retenção de água acima de 200% de seu peso seco (Santos et al., 2017; Martins et al., 2018; Xie e Su, 2020), atuando também na redistribuição de fluxos hidrológicos (Coelho Netto, 1987), de forma que a relação entre a quantidade absorvida e a formação de fluxos laterais – superficiais – pode variar em função da declividade (Du et al., 2019). Segundo Coelho Netto (2007), a chuva que atravessa este compartimento alcançando os horizontes minerais do solo representa a precipitação terminal ou efetiva.

Através destes processos, a cobertura vegetal exerce algum controle sobre a quantidade de água e a velocidade com a qual esta atinge determinados horizontes do solo, ao reter e/ou redistribuir fluxos (Marques et al., 2018; Arcova et al., 2020a). A arquitetura de raízes e a matéria orgânica no solo, por sua vez, favorecem os fluxos de água entre perfis pedológicos (Centenaro et al., 2018; Hu et al., 2019; Lavallee et al., 2019). Assim, a deflagração de movimentos de massa ou a ocorrência de erosão superficial é, em alguma parte, resultante deste conjunto de interações entre a água da chuva e a vegetação, em associação à magnitude dos eventos pluviométricos (Arcova et al., 2020a; Paula et al. 2020).

Considerando a precipitação efetiva, a forma do relevo redistribui fluxos de água no solo, condicionando um gradiente de umidade nas encostas e outras condições pedológicas correlatas (Miranda e Avelar, 2019; Gao et al., 2020; Calvo-Cases et al., 2021). Desta forma, ao tempo que a vegetação pode influenciar a dinâmica geomorfológica como já destacado, o contexto geomorfológico é também importante para heterogeneidade espacial da vegetação (composição, estrutura e biomassa) ao exercer controle sobre fatores como incidência luminosa e de ventos, umidade no solo, ciclagem de nutrientes, dentre outros.

Com a intenção de enriquecer o conhecimento sobre a relação entre a vegetação e a dinâmica hidrometeorológica em ambiente de Floresta Atlântica, o presente trabalho objetivou

analisar os efeitos da dinâmica pluviométrica sobre a precipitação interna e o processo interceptação da água da chuva pela vegetação em uma encosta florestada do Parque Nacional da Tijuca. Para tal, foram avaliados eventos de chuva com diferentes volumes e intensidades (média e máxima) de precipitação e sob diferentes contextos de estiagem antecedente.

Foi adotado um delineamento espacial em escala de encosta (do divisor de drenagem ao fundo de vale), de forma a adicionar ao escopo do trabalho uma discussão espacial baseada na comparação de áreas com diferenças na estrutura da vegetação. A escala de encosta foi escolhida uma vez que o aspecto geomorfológico condiciona um gradiente de umidade e outros fatores pedológicos que, segundo Miranda e Avelar (2019), se materializa em uma heterogeneidade na estrutura da vegetação na área estudada – que pode ser considerada típica da Mata Atlântica montanhosa: uma vegetação mais robusta e exuberante (alta e larga) nos fundos de vale, mais úmidos, em comparação aos divisores de drenagem, mais secos (Rizzini, 1997). Miranda e Avelar (2019) realizaram um levantamento da estrutura da vegetação nas mesmas áreas/parcelas, assim como um estudo sobre a dinâmica de serapilheira, discutindo os principais processos pedoecológicos que induzem as variações locais na vegetação. O presente trabalho se apresenta como um avanço focado em discutir como que tal heterogeneidade na vegetação se manifesta sobre a relação entre a dinâmica hidrometeorológica e a interceptação/atrassamento da chuva.

Enquanto hipóteses centrais, temos: (i) diferentes dinâmicas pluviométricas (umidade antecedente, volume e intensidade dos eventos de chuva) podem induzir diferentes volumes e percentuais de interceptação e precipitação interna na nossa área de estudos; (ii) variações na estrutura da vegetação e cobertura do dossel podem induzir diferenças nos volumes e percentuais de interceptação na nossa área de estudos.

Materiais e métodos

Área de Estudos – o estudo foi desenvolvido no Parque Nacional da Tijuca (PARNA-Tijuca – 3.971 ha), uma Unidade de Conservação que há mais de 50 anos protege áreas vegetadas com diferentes níveis de sucessão ecológica no Maciço da Tijuca, uma das três unidades fisiográficas montanhosas da cidade do Rio de Janeiro, localizada entre as coordenadas 22°55'S e 23°00'S – 43°20'W e 43°10'W. O Maciço da Tijuca é um ambiente de relevo acidentado, marcado pela presença de afloramentos

rochosos e encostas abruptas, atingindo altitude máxima de 1.021m (pico da Tijuca). O PARNA Tijuca está dividido em quatro diferentes setores, todos no Maciço da Tijuca: Floresta da Tijuca; Serra da Carioca; Pedra Bonita e Gávea; e Covanca / Preto Forros.

A vegetação apresenta sucessão florestal em nível de secundária tardia, com mais de 140 anos de sucessão natural (94,8% da área) ou induzida por ações de reflorestamento (5,2%) a partir do século XIX, após o fim do cultivo de café. Os argumentos principais para a desapropriação de fazendas de café em vista ao manejo regenerativo da área advieram de problemas associados a processos erosivos e ao abastecimento de água na cidade do Rio de Janeiro, o que reforça a importância da vegetação do Maciço da Tijuca para a dinâmica de evolução do relevo e para a manutenção do manancial de água na cidade. A partir das regenerações induzida e natural, atualmente, há cobertura florestal em boa parte do PARNA-Tijuca, especialmente, no setor Floresta da Tijuca. Algumas poucas áreas com gramíneas ocorrem neste setor, basicamente, restritas às faces norte (Dias e Coelho Neto, 2011).

O clima da área é tropical de altitude (Cf), com média anual de temperatura de 22°C, oscilando entre 25 e 19°C em fevereiro e junho, respectivamente (Negreiros e Coelho Netto, 2009). A pluviosidade média anual oscila entre 2000 e 2500 mm, alcançando 3.300 mm em anos mais chuvosos e 1600 mm nos anos menos chuvosos. O embasamento litológico é formado basicamente por gnaisses com intrusões de granito, os quais datam do Proterozóico Superior. No setor Floresta da Tijuca, estão presentes o Gnaiss Archer e o Biotita Gnaiss, com a intrusão do Granito Favela em meio ao Gnaiss Archer. Segundo a EMBRAPA (2004), os latossolos vermelho-amarelos (LVAd) recobrem todo o Maciço da Tijuca.

Localizada no setor Floresta da Tijuca, a encosta do Sul do Morro do Archer foi utilizada como encosta-laboratório (Figura 1). Tal encosta está sobre o Gnaiss Archer, sendo recoberta pelo latossolo vermelho-amarelo. A cobertura vegetal é de formação florestal ao longo de todo o perfil encosta. A escolha da encosta sul do Morro do Archer se deu a partir de dois argumentos principais: (i) é uma encosta bastante representativa do Maciço da Tijuca em termos da vegetação e aspectos hidropedológicos (recarga hidrológica por afloramentos rochosos, por exemplo) e com considerável representatividade para o contexto dos maciços costeiros do sudeste brasileiro como um todo; (ii) é uma encosta

monitorada há mais de 40 anos por pesquisas científicas acerca de sua dinâmica geo-hidroecológica no âmbito de dissertações e teses vinculadas ao Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Nesta encosta foram demarcadas 04 parcelas retangulares de 150 m² (15 x 10 m), distribuídas no perfil de encosta da seguinte forma: divisor de drenagem (DV); alta encosta (AE); baixa encosta (BE); e fundo de vale (FV). Tal delineamento espacial foi escolhido de forma a promover uma análise comparativa entre diferentes posições da encosta considerando que há heterogeneidade na estrutura da vegetação (estratificação ou densidade, por exemplo) condicionada pelo relevo, identificada e debatida em trabalhos como Miranda et al. (2014) e Miranda e Avelar (2019). Em suma, na encosta, há uma considerável redução na densidade de

indivíduos arbóreos no sentido encosta-abaixo, de forma que o DV se destaca das demais áreas como um ambiente florestal mais seco e luminoso, com sub-bosque mais denso e maior presença de palmeiras. Um Modelo Digital de Altura do Dossel extraído de um mapeamento LiDAR (*Light Detection and Ranging*), publicado por Miranda et al. (2014), indicou uma vegetação mais baixa ao longo do divisor de drenagem, com maior desenvolvimento da altura da vegetação próximo ao fundo de vale e em concavidades da encosta. Levantamentos de campo nas parcelas de estudo (Miranda e Avelar, 2019) indicaram a presença de palmeiras no dossel superior em DV, enquanto nas demais parcelas as palmeiras se encontram confinadas a estratos inferiores. A Figura 2 sintetiza os principais resultados acerca estrutura da vegetação na encosta, trabalhados e discutidos em publicações anteriores.

Figura 1: Localização da encosta suldo Morro do Archer e das parcelas nela demarcadas para o estudo: DV (divisor de drenagem); AE (alta encosta); BE (baixa encosta); e FV (fundo de vale). Modelo Digital do Terreno (MDT) da área extraído de mapeamento LiDAR (Light Detection and Ranging) trabalhado por Miranda et al. (2014).

Figura 2: Principais dados da estrutura da vegetação nas diferentes posições na encosta (DV: divisor de drenagem; AE: alta encosta; BE: baixa encosta; e FV: fundo de vale), adaptado de Miranda e Avelar (2019). DAP: Diâmetro à Altura do Peito. Modelo Digital de Altura do Dossel na encosta sul do Morro do Archer, extraído de mapeamento LiDAR (*Light Detection and Ranging*), adaptado de Miranda et al. (2014).

Monitoramento Hidrológico – foram coletados dados de precipitação interna nas parcelas em 08 eventos de chuva ocorridos entre abril de 2016 e março de 2019 (Figura 3). Para tal, cada uma das parcelas (posições na encosta) foi instrumentada com 05 pluviômetros artesanais, confeccionados com tubos de PVC (policloreto de vinila) com 150 mm de abertura. Os tubos foram cortados em seções de aproximadamente 60 cm e cada pedaço compôs o corpo de um pluviômetro. Em cada seção de tubo, uma das aberturas foi fechada com um “cap” de PVC, de forma a compor o fundo do pluviômetro. Para dificultar a perda de água por evaporação, a abertura superior de cada pluviômetro recebeu um funil de plástico (polipropileno) de mesma abertura (150 mm) e, dentro do funil, foi posicionada uma bola de “ping-pong”, pois esta permite a entrada da água (por boiar) quando chove, mas ajuda a tampar o orifício do funil na ausência de chuva.

Os pluviômetros foram posicionados a cerca de 1,4 m do piso florestal com o auxílio de estacas de madeira, espacialmente distribuídos nas parcelas um em cada quina e um no centro. Para tal distribuição, cada parcela foi subdividida (sem demarcação – abstração teórica) em cinco subáreas de 30 m² conforme o exposto na Figura 4, ficando cada pluviômetro posicionado, necessariamente, em uma dessas subáreas.

O volume de precipitação acima das copas foi registrado por um pluviômetro automatizado (estação meteorológica Capela Mayrink: 22°57'24"S – 43°16'38"W) posicionado em área aberta há cerca de 800 m da parcela FV. Este pluviômetro é operado pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA-RJ), o qual disponibiliza dados de chuva a cada 15 minutos através do portal do Sistema de Alerta de Cheias. Contudo, os dados

utilizados no presente estudo foram solicitados à citada instituição, que disponibilizou os dados de chuva obtidos pela estação Capela Mayrink no período de janeiro de 2016 a março de 2017.

Figura 3: Precipitação mensal para 2016-2017 e média (1997-2015) para a área (estação Capela Mayrink). Chuva diária para o período entre abril de 2016 e março de 2017, com a indicação dos eventos analisados.

Nas parcelas estudadas, o conteúdo de água acumulado em cada pluviômetro foi medido em volume líquido (ml) – e anotado – em campo, utilizando-se duas provetas plásticas graduadas: uma maior (1000 ml) graduada a cada 10 ml; e uma menor (250 ml) graduada para cada 1 ml. Em laboratório, os valores de campo foram transformados em altura de chuva (mm) considerando-se a área de abertura de captação, através da equação:

$$H = \frac{V}{17,67}$$

Onde: H: altura da chuva (mm) e V: volume registrado na proveta (ml).

Foram trabalhados três tipos de dados neste estudo: (1) volume interceptado (VInt em mm); (2) percentual interceptado (%Int em %); (3) precipitação interna (PIn em mm). Este último é o dado-base, obtido diretamente da transformação do volume medido em campo pela já citada equação. Através da subtração destes valores daqueles de chuva inicial (mm) de cada evento, derivou-se o valor de volume interceptado. Os valores de volume interceptado foram transformados em percentual de interceptação através da equação:

$$\%Int = 100 \frac{VInt}{VPr}$$

Onde: %Int: percentual interceptado; VInt: volume interceptado (mm); VPr: volume de precipitação inicial. Não foram trabalhados dados de percentual de atravessamento, uma vez que seriam dados redundantes na presença dos percentuais de interceptação.

Análises Estatísticas – Os dados foram trabalhados e apresentados em médias e os desvios padrão destas. Também foram utilizados os coeficientes de variação para a avaliação da variabilidade espacial – variação entre os diferentes pluviômetros. Em vista a discutir as variações temporais na precipitação interna e no processo de interceptação (volume e percentual), foram realizadas regressões lineares frente a um conjunto de variáveis hidrometeorológicas

consideradas independentes, típicas de cada evento. Estas variáveis independentes são: (i) volume de precipitação inicial (VPi) em mm; (ii) estiagem antecedente (Est) em número de dias; (iii) e intensidade de precipitação (Int) em mm.h⁻¹. Regressões lineares individuais foram realizadas para cada uma das variáveis dependentes (VInt, %Int e PIn) em confronto às variáveis independentes, com o cálculo dos respectivos coeficientes de determinação (r²) e da significância dos modelos (valor-P). Os resultados obtidos na correlação entre o volume interceptado e o número de dias de estiagem antecedente foram estimulantes à análise frente ao volume precipitação antecedente (contexto de umidade antecedente) através de regressões, onde foram testados três intervalos de tempo para o acumulado antecedente (mm): 10 dias; 15 dias; e 30 dias.

Os modelos lineares significativos (P < 0,05) foram acrescidos das demais variáveis independentes de forma a analisar a atuação conjunta destas através de regressões múltiplas. Para as regressões múltiplas, foram utilizados os coeficientes de determinação ajustados (r² ajustado) para identificar se a adição de uma variável melhorou o desempenho do modelo. Regressões múltiplas compostas somente por duas variáveis independentes que obtiveram modelos individuais não significativos (P > 0,05) não foram realizadas.

Figura 4: Materiais e instrumentos utilizados nas coletas e o esquema de distribuição dos pluviômetros nas parcelas.

Foi utilizada uma ANOVA bifatorial para avaliar a significância da variância entre as

parcelas e entre os eventos de forma conjunta, uma vez que a variação referente a um destes fatores

difícil a avaliação de variação originada pelo outro fator, quando analisadas individualmente (Gotelli e Ellison, 2015). Variações entre as parcelas em um determinado evento, ou entre eventos para uma determinada parcela, foram avaliadas pelo teste de um fator Kruskal-Wallis, seguido pelo teste Dunn para as análises *a posteriori*. As variações foram consideradas significativas quando $P < 0,05$.

Resultados e discussão

A Interceptação – o volume médio de interceptação na encosta foi de 14,87 mm ($\pm 11,36$) de chuva por evento, o que representou um percentual médio de interceptação de 41,35 % ($\pm 27,57$) do volume precipitado nos eventos analisados. Em relação ao volume interceptado, é difícil comparar os resultados com os obtidos em outros estudos em razão de diferenças na dinâmica temporal das análises, uma vez que a capacidade de retenção de água por parte da vegetação em uma determinada área é singular a cada evento de chuva, e nem sempre é feita uma abordagem por eventos.

Foi notado um expressivo efeito da estiagem antecedente sobre o total de chuva interceptado em cada evento, manifestado pelos modelos lineares significativos, diretamente proporcionais, em uma forte correlação (Tabela 1) entre o volume interceptado e o número de dias de estiagem antecedente ao evento de chuva. Ou seja, quanto maior a estiagem antecedente, maior foi o volume interceptado. Embora o tempo de estiagem antecedente seja facilmente reconhecível do ponto de vista teórico como um fator de controle à interceptação, a tendência de trabalhar a interceptação em dados percentuais pode dificultar o reconhecimento da relação matemática deste controle, uma vez que dados percentuais de interceptação são fortemente controlados pelo volume da precipitação inicial (Sheng e Cai, 2019). A tendência de ser “ofuscada” pelo volume da precipitação inicial quando analisado o percentual de interceptação deve-se ao fato de que a retenção de chuva nas copas é limitada a uma determinada capacidade máxima e, quando atingida esta capacidade, a chuva tende a atravessar quase totalmente. Sendo esta capacidade, na maioria das vezes, consideravelmente inferior aos volumes de chuva, o efeito da estiagem antecedente “dilui-se” conforme a maior capacidade de controle pelo o volume de chuva inicial.

Ao trabalhar a interceptação em volume (mm) e em uma análise por eventos, foi possível observar este efeito – o da estiagem antecedente – de forma (resultado) similar ao reportado por

Zhang et al. (2019) em floresta subtropical na China. Aparentemente, é dada pouca atenção ao efeito exercido pela estiagem antecedente nas discussões e artigos de revisão sobre o tema, não havendo muitas referências a este na literatura, mesmo quando os estudos avaliaram variações temporais na interceptação (p. ex.: Klamerus-Iwan, 2014; Livesley et al., 2014; Sofiah e Soejono, 2019; Arcova et al., 2020a).

Apesar da manutenção modelos lineares significativos ($P < 0,05$) para a maioria das regressões múltiplas, a adição de uma entre as demais variáveis independentes (VPr e Int) não melhorou o modelo (redução do valor r^2) relativo aos dias de estiagem antecedentes. Isto indica que o tempo de estiagem antecedente, sozinho, explica melhor a modulação dos dados de interceptação (mm) do que a atuação conjunta das variáveis. Entretanto, o acumulado de chuva nos 15 dias antecedentes, apesar de não apresentar uma correlação significativa individual, melhorou este modelo linear, reforçando ainda mais a ideia de forte controle exercido pelo contexto de umidade antecedente para o volume de chuva interceptado.

Não houve correlação entre o volume de chuva interceptado e o volume de chuva incidente como por vezes é reportado, especialmente, em áreas com menores volumes de chuva anual (Paula et al., 2020). Assim sendo, temos que, na área estudada, a modulação temporal do volume interceptado é controlada primariamente pelo tempo de estiagem antecedente, e que pode ser ainda melhor explicada quando levado em conta também o volume de chuva antecedente, com destaque para os 15 dias anteriores.

Cabe ressaltar que os valores de interceptação (volume ou percentual) aqui apresentados tendem a estar ligeiramente superestimados, uma vez que estes são derivados dos valores de campo sobre a precipitação interna e não foram mensurados os fluxos de tronco, outra via de fluxos d'água. Dessa forma, os fluxos de tronco foram computados como interceptação. Contudo, os fluxos de tronco tendem a representar menos de 2% do volume da chuva inicial em florestas, onde as tropicais tendem a menores valores (Giglio e Kobiyama, 2013). Considerando ambientes florestais e arbustivos, a média global é de 3.2% (Yue et al., 2012). Na Mata Atlântica, em especial nas suas formações mais fechadas, os valores costumam ficar próximos ou abaixo 1%, (Diniz et al., 2013; Sá et al., 2016; Terra et al., 2018; Arcova et al., 2020a).

Em termos da análise espacial, as posições na encosta apresentaram volumes interceptados significativamente diferentes ($P < 0.001$) para os

eventos analisados ($DV = 11,9 \pm 8,4$ mm; $AE = 15,2 \pm 10,6$ mm; $BE = 17,1 \pm 10,6$ mm; $FV = 15,1 \pm 10,6$ mm). Tal variação demonstrou forte correlação (Pearson) com a abertura do dossel ($r = -0,8864$), inversamente proporcional como o esperado, já que se faz mais provável maior retenção em dosséis mais fechados (Livesley et al., 2014). Assim sendo, na posição DV há uma maior

abertura de dossel que se materializou em menor volume interceptado, com uma capacidade de retenção média 30,7% menor do que na BE, onde há menor abertura de dossel e foi observada a maior interceptação média (Figura 5). As demais parcelas (AE e FV) apresentam valores intermediários, não diferindo estatisticamente dos volumes de chuva interceptados no DV ou na BE.

Tabela 1: Regressões individuais e múltiplas das variáveis dependentes (volume e percentuais interceptados e volume de precipitação interna) frente às variáveis independentes (volume e intensidade da precipitação inicial e estiagem antecedente) para a média da encosta (geral) e as diferentes posições na encosta. O volume de precipitação antecedente foi testado apenas para o volume interceptado.

	Geral	DV	AE	BE	FV
Interceptação (mm)	r^2				
Volume precipitação inicial (VPr)	0.0482	0.0397	0.0365	0.033	0.0467
Dias de estiagem prévia (Est)	0.8070**	0.8532**	0.7453**	0.8214**	0.7610**
Intensidade de precipitação (Int)	0.0116	0.0047	0.0197	0.0144	0.0046
VPr x Est	0.7382*	0.7984**	0.6599*	0.7519*	0.6739*
VPr x Int	—	—	—	—	—
Est x Int	0.7833**	0.8238**	0.7305*	0.8108**	0.6982*
VP x Est x Int	0.7296*	0.7880*	0.6652	0.7718*	0.6227*
Acumul. 10 dias antecedentes	0.1656	0.2041	0.1213	0.1479	0.1717
Acumul. 15 dias antecedentes	0.3694	0.4307	0.3132	0.3661	0.3627
Acumul. 30 dias antecedentes	0.3144	0.3435	0.2561	0.3739	0.2548
Est x ac.10diasAnt	0.7867**	0.8324**	0.7454*	0.8284**	0.7064*
Est x ac.15dAnt	0.8126**	0.8496**	0.7675*	0.8435**	0.7315*
Est x ac.30dAnt	0.7732*	0.8332**	0.7266*	0.7662*	0.7402*
Interceptação (%)					
Volume precipitação inicial (VPr)	0.6248*	0.5514*	0.6396*	0.6802*	0.5535*
Dias de estiagem prévia (Est)	0.0281	0.0187	0.0268	0.0232	0.0437
Intensidade de precipitação (Int)	0.6653*	0.6940*	0.6175*	0.6411*	0.6497*
VPr x Est	0.5987*	0.4654	0.6173*	0.6680*	0.5292
VPr x Int	0.8472**	0.8100**	0.8149**	0.8773**	0.7657*
Est x Int	0.5426	0.5761	0.4754	0.5055	0.5339
VP x Est x Int	0.8811**	0.8042*	0.8442*	0.9162**	0.8043*
Precipitação interna (mm)					
Volume precipitação inicial (VPr)	0.9642***	0.9770***	0.9632***	0.9558***	0.9562***
Dias de estiagem prévia (Est)	0.0001	0.0004	< 0.0001	0.001	0.0006
Intensidade de precipitação (Int)	0.192	0.1996	0.1846	0.1853	0.1981
VPr x Est	0.9902***	0.9952***	0.9870***	0.9886***	0.9850***
VPr x Int	0.9499***	0.9678***	0.9486***	0.9382***	0.9387***
Est x Int	—	—	—	—	—
VP x Est x Int	0.9899***	0.9942***	0.9872***	0.9896***	0.9826***

Nota: DV: divisor de drenagem. AE: alta encosta. BE: baixa encosta. FV: fundo de vale. Significância dos modelos lineares: ausente: não significativo ($P > 0,05$); * $p < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$.

Um indicador de que esta diferença pode ser ainda maior é o provável fato de que o DV tenha os valores de volume de interceptação mais superestimados do que as demais parcelas, considerando a maior presença de palmeiras nesta posição. Esta família (*Aracaceae*) tende a concentrar proporções maiores de fluxos para os troncos em virtude da forma das folhas e da disposição destas nas copas (copas convergentes) (Van Stan e Stubbins, 2018). Nesta linha, o fato de algumas palmeiras alcançarem o dossel superior no

DV (única parcela onde isto ocorre) pode potencializar os fluxos de tronco pelo contato direto com a precipitação inicial. Quando em estratos inferiores do dossel, tal convergência fica limitada à disponibilidade dos fluxos de atravessamento através dos estratos superiores. A parcela que possui o segundo maior número de palmeiras é a BE, área com a maior média de volume interceptado, enquanto o FV se destaca pela menor presença de palmeiras.

Figura 5: Volume de chuva interceptado e sua variância (valor-P) em cada evento para a média da encosta e em cada parcela, assim como médias gerais das parcelas para o conjunto de eventos amostrados. Letras diferentes representam grupos estatisticamente variantes ($P < 0,05$) pelo teste a posteriori. Gráficos de dispersão de dados e modelos de regressão linear frente ao número de dias de estiagem prévia (variável independente com modelos individuais significativos, Tabela 1) para os valores médios da encosta e de cada posição na encosta.

Em uma análise espacial evento-a-evento, apenas nas ocasiões Ev5 e Ev6 foi significativa a variação entre as áreas, ambos com baixos volumes de interceptação: o menor e o terceiro menor valor médio (encosta), respectivamente. Tal diferença parece influenciada pela baixa interceptação no DV, em especial no Ev6, uma vez que tal evento foi o que apresentou a segunda menor interceptação para esta parcela, o que não se aplica às demais áreas. O Ev6, assim como o Ev5, ocorreu apenas 01 dia após a chuva anterior (eventos de menor estiagem antecedente), o que pode ajudar a explicar o baixo desempenho de interceptação no DV, considerando que esta foi a área que apresentou maior aderência ao efeito causado pela estiagem antecedente (Tabela 1). Ademais, as baixas médias de interceptação nestes

eventos refletem a forte influência da estiagem antecedente na encosta como um todo.

Em geral, os dados de volume de chuva interceptado indicam um forte controle do contexto de estiagem/umidade antecedente para as variações temporais, influente sobre a capacidade de retenção de água pela vegetação entre diferentes eventos de chuva. Do ponto de vista espacial, há um determinado grau de controle geomorfológico sobre a interceptação. Este controle aparenta dar-se através da influência sobre condições ecológico-ambientais (de umidade, luminosidade, ciclagem de nutrientes e pH do solo) que condicionam a estrutura da vegetação na área (Miranda e Avelar, 2019), incluindo o favorecimento à presença de palmeiras. Contudo, apesar de significativa as diferenças entre os volumes de chuva interceptados

entre as posições na encosta, seus valores médios são pouco díspares, e em uma análise evento-a-evento há a tendência de grande redução na significância desta variância.

O percentual interceptado médio observado no presente estudo parece estar um pouco acima do reportado por alguns autores para florestas de Mata Atlântica, onde os valores mais comuns estão entre 10 e 20% (Giglio e Kobayama, 2013; Sá et al., 2016; Marques et al., 2018; Junqueira Júnior., 2019; Arcova et al., 2020a). Ao comparar três variações de Floresta Atlântica em diferentes estágios sucessionais (floresta inicial, média e avançada, nos termos do autor), Diniz et al. (2013) encontram valores próximos entre si, variando entre 20,7% no estágio considerado médio e 23% no avançado. Pohl et al., (2019) encontraram percentuais de interceptação consideravelmente superiores (37,7%) àqueles geralmente reportados para áreas de Mata Atlântica, em uma área de vegetação em regeneração com 30 anos de sucessão natural. Valores percentuais de interceptação também elevados (42,2%) foram reportados por Paula et al. (2020) em um povoamento de Eucalipto – em área com precipitação incidente inferior (aproximadamente 50%) àquela observada em média na Floresta da Tijuca. De forma similar, formações com menor biomassa como uma área de Cerradão podem apresentar valores próximos ao da Mata Atlântica, como os 15% reportados por Tonello et al. (2021), uma vez que possuem volumes totais de precipitação consideravelmente menores – 970 mm no estudo citado. Coelho Netto (2007) ressalta a substancial variação de resultados obtidos em diferentes estudos realizados na mesma área que o presente trabalho (17–24% na Floresta da Tijuca).

Dessa forma, é provável que os resultados percentuais aqui apresentados – 41,35 % ($\pm 27,57$) – não representem um ambiente de maior capacidade de interceptação para a nossa área de estudos, e sim um reflexo da amostragem de eventos e de suas características. Eventos com menores volumes de precipitação tendem a apresentar maiores percentuais de interceptação (Arcova et al., 2020a). Assim, se a amostragem abarcou eventos de pouca chuva em proporção maior do que a amostragem dos citados estudos, há tendência de que o percentual interceptado seja maior.

Em relação à dinâmica inter-eventos dos percentuais de interceptação, há o protagonismo de dois fatores: volume de precipitação inicial; e intensidade de chuva (Tabela 1). Um protagonismo bem dividido, uma vez que estas variáveis apresentaram coeficientes de determinação (r^2)

com valores bastante próximos, revezando-se enquanto “maiores valores” ao longo da encosta: $(VPi)r^2 > (Int)r^2$ no contexto da meia-encosta (AE e BE); e $(VPi)r^2 < (Int)r^2$ nos extremos geomorfológicos (DV e FV). Para a média geral da encosta, a intensidade de chuva apresenta ajuste um pouco maior. Contudo, o que sobressai em relação ao controle sobre os percentuais interceptados é a divisão do protagonismo entre o volume da chuva inicial e a sua intensidade.

Alcançada a capacidade de carga da vegetação, a chuva tende a passar massivamente pelo dossel florestal, de forma que a interceptação se mantenha quase estagnada e os valores de precipitação interna avançam em conjunção à precipitação inicial (Keim e Link, 2018; Arcova et al., 2020a). Como resultado, pode haver uma tendência inversamente proporcional entre o volume de chuva inicial e os percentuais de chuva interceptados no dossel (Paula et al., 2020).

Contudo, Sá (2019) ressaltou que, dependendo de características do evento pluviométrico, a capacidade de interceptação das copas pode ser restaurada ao longo dos eventos. O efeito da intensidade da chuva sobre os percentuais de interceptação tem sido reportado na literatura internacional (e.g., Shen et al., 2011; Carlyle-Moses and Lishman, 2015; Arcova et al., 2020a). Este efeito é, por vezes, abordado como um aumento na capacidade de carga da vegetação, através de perdas de água para atmosfera por evaporação ao longo da ocorrência dos eventos, onde a ação de ventos e a temperatura tendem a ter papel pronunciado (Keim e Link, 2018; Arcova 2020a). Contudo, como já mencionado, os resultados não indicaram efeito a ser considerado da intensidade de chuva sobre os volumes interceptados, nem mesmo em conjunção ao melhor fator explicativo, a estiagem antecedente.

Alguns estudos podem trazer alguma luz a esta discussão ao reportarem o efeito do tamanho das gotas de chuva sobre a interceptação. Gotas maiores alcançam as folhas com maior energia, reduzindo o potencial de aderência da água às superfícies, resultando em menor interceptação (Levia et al., 2017). Esta tem sido outra explicação utilizada na literatura para o efeito da intensidade de chuva sobre a interceptação, já que chuvas mais intensas tendem a possuir maiores gotas. Como provável resultado da ação conjunta destas duas “linhas de influência” possíveis, a intensidade de precipitação apresenta efeito de controle em uma relação inversamente proporcional aos percentuais de interceptação (Figura 6).

Apesar do controle exercido sobre o volume interceptado, a estiagem antecedente perde

completamente sua capacidade explicativa individual para os valores percentuais de interceptação. Contudo, esta variável ajuda a melhorar o modelo de regressão quando junto às outras variáveis (VPi e Int). Temos assim, que o percentual interceptado varia em função do volume de chuva inicial e de sua distribuição no tempo (intensidade), e que pode ser ainda melhor explicado quando considerado também o tempo de estiagem antecedente, dada sua influência sobre a capacidade de retenção de chuva pela vegetação em cada evento.

A análise espacial apontou diferença significativa entre as parcelas, com menor percentual interceptado no DV em comparação à BE, com um leve aumento na significância dessa diferença para os valores percentuais, comparado

ao observado para os volumes interceptados: $(\%Int)P < (VInt)P$. Ao comparar diferentes biomas do mundo, Yue et al. (2021) indicaram o índice de área foliar como principal fator preditor para os percentuais de interceptação. Nossos dados corroboram o indicado por tais autores, uma vez que no DV há maior abertura de dossel, e que esta foi menor na BE (Miranda e Avelar, 2019). A maior declividade em BE pode ser um fator explicativo para a menor abertura de dossel – e, consequentemente, maior interceptação – nesta posição, uma vez que a declividade pode facilitar a sobreposição de copas e maiores percentuais de interceptação já foram reportados para áreas mais declivosas em comparação áreas adjacentes de menor declive (Arcova et al., 2020b).

Figura 6: Percentuais de chuva interceptada e sua variância (valor-P) em cada evento para a média da encosta e em cada parcela assim como médias gerais das parcelas para o conjunto de eventos amostrados. Letras diferentes representam grupos estatisticamente variantes ($P < 0,05$) pelo teste a posteriori. Gráficos de dispersão de dados e modelos de regressão linear frente à intensidade de precipitação e ao volume da chuva inicial para os valores médios da encosta e de cada posição na encosta.

A análise espacial evento-a-evento apresenta-se redundante para as três variáveis dependentes (VInt; %Int e PInt), com variação significativa entre as áreas apenas nos Ev5 e Ev6. Isto ocorre em razão da manutenção de uma relação entre os dados, uma vez que a chuva inicial

foi igual para todas as áreas em cada evento, e as três variáveis são derivadas dos mesmos resultados (precipitação interna). Contudo, na ANOVA bifatorial, a alteração na variação entre os eventos altera, por sua vez, a sensibilidade da avaliação entre as áreas, com potencial de variação nos

valores-P (Gotelli e Ellison, 2015), o que deve explicar o citado aumento da significância para os valores percentuais (a maior variação entre eventos potencializando a sensibilidade da análise entre áreas). No caso da análise evento-a-evento, o teste de um fator só (Kruskal-Wallis) resulta no mesmo valor-P na comparação entre as áreas para as três variáveis (VInt; %Int e PInt).

A relação comparativa entre os diferentes eventos não é igual para todas as parcelas, de forma que apenas no Ev7 (maior percentual para todas as parcelas) e nos Ev2 e Ev6 (menores percentuais para todas as parcelas) houve esta correspondência. Um bom exemplo é a já mencionada baixa performance na interceptação percentual no DV na ocasião do Ev5 em comparação às demais áreas, de forma a ser significativa sua diferença em comparação ao Ev7 (evento de maior interceptação percentual), o que não aconteceu nas demais áreas.

A Precipitação Interna – apresentou valores médios de 45,9 mm ($\pm 51,7$) para a encosta nos eventos analisados, com maiores valores no Ev2 e Ev6 e menores em Ev5 e Ev7 (Figura 7), sendo esta variação temporal fortemente controlada pelo volume de chuva inicial (Tabela 1). Este é o resultado mais reportado na bibliografia – costuma

ser o ponto central nas abordagens – quando o tema é a interceptação de chuva e precipitação interna, com diversos trabalhos indicando valores de coeficiente de determinação (r^2) acima dos 0,95 como os encontrados no presente trabalho, tanto na Mata Atlântica (Diniz et al., 2013; Marques et al., 2018; Junqueira Jr., 2019; Arcova et al., 2020a), quanto em povoamentos de Eucalipto (Sato et al., 2011; Paula et al., 2020) ou em outros ambientes no Brasil (Souza et al., 2019; Momolli et al., 2019; Queiroz et al., 2020) e no mundo (Livesley et al., 2014; Magliano et. al., 2019). Este resultado é reflexo do caráter limitado que a vegetação tem em reter água da chuva (capacidade de carga), de forma que a precipitação interna passa a ter uma correlação muito próxima à precipitação inicial depois de ultrapassado este limite de retenção. Ao realizar um estudo de variação local de precipitação interna, Sato et al. (2011) indicaram que as áreas adjacentes aos troncos das árvores apresentaram tendência de menor correspondência à chuva inicial ($r^2 = 0,75$) em comparação as áreas mais afastadas (entre os troncos, nos termos do autor) ($r^2 = 0,94$), o que deve ocorrer pela maior influência dos fluxos de tronco nestas áreas adjacentes.

Figura 7: Precipitação interna e sua variância entre os eventos para a média da encosta e em cada parcela, assim com o médias gerais das parcelas para o conjunto de eventos amostrados. Letras diferentes representam grupos estatisticamente variantes ($P < 0,05$) pelo teste a posteriori. Gráficos de dispersão de dados e modelos de regressão linear frente ao volume da chuva inicial (variável independente com modelos individuais significativos, Tabela 1) para os valores médios da encosta e de cada posição na encosta.

Mesmo com a alta capacidade explicativa do fator precipitação inicial sobre as variações na precipitação interna, a introdução da variável estiagem antecedente melhorou ainda mais o modelo, elevando os coeficientes de determinação (r^2 ajustado) a patamares acima de 0,98. Isto demonstra que a estiagem antecedente, ao exercer forte controle sobre o volume interceptado ($r^2 > 0,74$), é um fator que ajuda a explicar as variações temporais na precipitação interna quando analisado de forma complementar à principal variável explicativa, o volume de precipitação inicial, mesmo apresentando capacidade explicativa individual muito baixa ($r^2 < 0,01$).

A análise espacial da precipitação interna corroborou a significância de variância observada para os volumes e percentuais de interceptação, sendo a precipitação interna maior no DV ($48,9 \pm 45,4$ mm), área de menor interceptação, e menor na BE ($43,6 \pm 54,5$ mm), área de maior interceptação. Apesar de ainda significativa, cabe destacar a considerável redução da significância desta

variância (aumento do valor-P) em comparação ao observado para os valores de interceptação (volume e percentuais). Este resultado reflete o fato que as diferenças entre áreas são originadas por aspectos da vegetação, diretamente influentes ao potencial de interceptação. Sendo fortemente influenciada pelo volume de chuva inicial, a diferença entre áreas perde relevância nas chuvas de maiores volumes (Arcova et al., 2020a; Yue et al., 2021), o que é demonstrado pela correlação mais forte entre as áreas para a variável precipitação interna (Tabela 2). Ou seja, dentre as variáveis dependentes avaliadas (interceptação em volume e percentuais, e precipitação interna), a precipitação interna é que apresenta menor variação espacial. A tendência de redução dos coeficientes de variação (entre as áreas) com o aumento do volume de chuva inicial (Figura 8) demonstra que a variação espacial na precipitação interna vai se tornando menos relevante em eventos de maior volume precipitado (Arcova et al., 2020a).

Tabela 2: Matriz de correlação linear (R de Pearson) da variação dos resultados obtidos nas diferentes posições na encosta

	VInt				%Int				Pin			
	DV	AE	BE	FV	DV	AE	BE	FV	DV	AE	BE	FV
DV	–				–				–			
AE	0.989	–			0.967	–			0.999	–		
BE	0.964	0.969	–		0.944	0.976	–		0.997	0.999	–	
FV	0.988	0.994	0.957	–	0.942	0.991	0.963	–	0.998	0.999	0.998	–

Nota: VInt: volume interceptado. %Int: percentual de chuva interceptada. Pin: precipitação interna. DV: divisor de drenagem. AE: alta encosta. BE: baixa encosta. FV: fundo de vale.

Figura 8: Dispersão de dados e curva de regressão acerca do coeficiente de variação entre as parcelas frente ao volume de precipitação inicial.

Conclusões

O volume de chuva interceptado pela vegetação foi controlado primariamente pelo tempo de estiagem antecedente, apresentando também algum efeito do volume de precipitação antecedente com destaque para o volume acumulado nos 15 dias anteriores ao evento pluviométrico em questão. É acerca do volume de chuva interceptado – em detrimento aos percentuais e volume atravessados – que sobressai a diferença entre as áreas, dadas por diferenças na estrutura da vegetação resultantes de variações típicas do gradiente de umidade nas encostas. Neste contexto, é notável o menor volume interceptado no divisor de drenagem em relação à baixa encosta, como reflexo da maior abertura do dossel nesta posição da encosta.

O percentual de chuva interceptado varia no tempo sob forte influência da ação conjunta dos volumes de precipitação inicial e da sua intensidade. A capacidade limitada de interceptação pela vegetação leva a uma tendência de redução do percentual interceptado com o aumento do volume da precipitação inicial. O

aumento da interceptação com a redução da intensidade de precipitação aparenta ter duas vias de atuação: (i) através da tendência de formar gotas maiores; (ii) através da maior oportunidade de redistribuição de sítios de adesão da água a partir da evaporação de parte do interceptado, no decorrer dos eventos pluviométricos.

A precipitação interna tem sua variação temporal altamente controlada pelos volumes de precipitação inicial, sendo melhor ainda explicada quando complementada pela estiagem antecedente, em razão de seu efeito sobre os volumes de interceptação. A variação espacial na precipitação interna é significativa no perfil da encosta, porém, menos do que é visto para a interceptação. Tal variação espacial tende a se reduzir com o aumento do volume de chuva.

Agradecimentos

À CAPES, à FAPERJ e ao ICNT-ReaGeo/CNPq pelos financiamentos concedidos. Ao estudante Gil Gabriel pela contribuição de campo. À equipe do PARNA-Tijuca pelo apoio logístico aos trabalhos de campo. Ao Professor do departamento de Geografia da UFRJ Dr. Evaristo de Castro Jr. (*in memoriam*).

Referências

- Arcova, F.C.S., Ranzini, M., Cicco, V., Galvani, E., 2020a. Repartição da chuva em floresta nebulosa montana na Serra do Sar, Revista Brasileira de Climatologia, 27, 789–810. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/rbclima.v27i0.72157>
- Arcova, F.C.S., Ranzini, M., Nakagawa, F., Cicco, V., Lima, I.L., 2020b. Transprecipitação e interceptação da chuva em área reflorestada com *tibouchina mutabilis cogn.* na Serra do Mar. Revista Brasileira de Climatologia, 27, 222–240. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v27i0.71058>

- bark type. *Urban Forestry & Urban Greening* 13, 192–197. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.09.001>
- Magliano, P. N., Whitworth-Hulse, J. I., Baldi, G., 2019. Interception, throughfall and stemflow partition in drylands: Global synthesis and meta-analysis. *Journal of Hydrology* 568, 638–645. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.10.042>
- Marin, R. J., 2020. Physically based and distributed rainfall intensity and duration thresholds for shallow landslides. *Landslides* 17, 2907–2917. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s10346-020-01481-9>
- Marques, M. C. O., Coelho Netto, A. L., Sato, A. M., 2018. Influência de floresta secundária e gramínea na deflagração de deslizamentos translacionais rasos em Nova Friburgo, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 19, 793–806. Disponível: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v19i4.1479>
- Martins, W.B.R., Vale, R.L., Ferreira, G.C., Andrade, V.M.S., Dionísio, L.F.S., Rodrigues, R.P., Oliveira, F.A., Souza, G.M.P., 2018. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 13, e5546, Disponível: <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v13i3a5546>
- Miranda, F.S.M., Avelar, A.S., 2019. Dinâmica de matéria orgânica de superfície condicionada pela topografia em Floresta Atlântica de maciço costeiro, PARNA-Tijuca, RJ. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 20, 641–661. Disponível: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v20i3.1544>
- Miranda, F. S. M., Barbosa, L. S., Castro Junior, E., Avelar, A. S., 2014. Estrutura da vegetação condicionada por fatores topográficos em floresta de encosta no PARNA – Tijuca, RJ. *Revista Geonorte* 5, 349–353.
- Momolli, D. R., Schumacher, M. V., Viera, M., Ludvichak, A. A., Guimarães, C. C., Souza, H. P., 2019. Incident precipitation partitioning: throughfall, stemflow and canopy interception in *Eucalyptus dunnii* stand. *Journal of Agricultural Science* 11. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v11n5p372>
- Negreiros, A.B., Coelho Netto, A.N., 2009. Reabilitação funcional de clareira de deslizamento em encosta íngreme no domínio da floresta atlântica, Rio de Janeiro (RJ). *Revista Brasileira de Geomorfologia* 10, 85–93. Disponível: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v10i1.120>
- Nel, J.L., Le Maitre, D.C., Roux, D. J., Colvin, C., Smith, J. S., Smith-Adao, L. B., ... Sitas, N. (2017). Strategic water source areas for urban water security: Making the connection between protecting ecosystems and benefiting from their services. *Ecosystem Services*, 28, 251–259. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.07.013>
- Orisa-Ubi, C.O., 2020. Availability and utilization of wholesome water: a necessity for health promotion and longevity. *International Journal of Health and Pharmaceutical Research*, 5, 38–45.
- Paula, A., Brilhante, F.S., Tagliaferre, C., Castro Filho M.N., Batista W.C.A., Barreto-Garcia, P.A.B., 2020. Precipitação efetiva e interceptação pluviométrica em povoamento de *Eucalyptus* spp. em Vitória da Conquista – BA. *Holos*, 5, 1–12. Disponível: <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/9896>
- Pohl, E., Targa, M.S., Almeida, A. S., 2019. Interceptação e escoamento de água pelo tronco em área de floresta tropical na bacia do Rio Una, Vale do Paraíba do Sul, Brasil. *Revista Técnica Ciências Ambientais*, 1, 1–13. Disponível: <http://agro.unitau.br/repositorio/index.php/rca/article/view/40>
- Queiroz, M.G., Silva, T.G.F., Zolnier, S., Souza, C.A.A., Souza, L.S.B., Araújo, G., Jardim, A.M.R., De Moura, M.S.B., 2020. Partitioning of rainfall in a seasonal dry tropical forest. *Ecology & Hydrobiology*, versão revisada pré-publicação. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecohyd.2020.02.001>
- Reis, R.A., Sanches, M.C., Maldonado, A.C.D., 2021. Água, fonte da vida. *Brazilian Journal of Development*, 7, 28287–28296. Disponível: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n3-512>
- Ribeiro, F.L., Mario Guevara, M., Vázquez-Lule A., Cunha, A.P., Zeri, M., Vargas, R., 2021. The impact of drought on soil moisture trends across Brazilian biomes. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21, 879–892, 2021. Disponível: <https://doi.org/10.5194/nhess-21-879-2021>
- Rizzini, C.T., 1997. *Tratado de Fitogeografia do Brasil. Âmbito Cultural Edições*, 2ª edição, volume único, 747p..
- Sá, J.H.M., Chaffe, P.L.B., Quillet, M.J.J., 2016. The influence of the interception process on the precipitation quality in a catchment covered by subtropical Atlantic Forest. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 4, 742–751. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/2318-0331.011616045>
- Santos, A. F. A., Carneiro, A. C. P., Martinez, D. T., Caldeira, S. F., 2017. Capacidade de Retenção Hídrica do Estoque de Serapilheira de

- Eucalipto. *Floresta e Ambiente* 24, 1–9. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.030315>
- Sato, A.M., Avelar, A.S., Coelho Netto, A.L., 2011. Spatial variability and temporal stability of throughfall in a eucalyptus plantation in the hilly lowlands of southeastern Brazil. *Hydrological Process* 25, 1910–1923. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.7947>
- Shen, H.T., Wang, X.X., Yue, J., You, W.H., 2011. Spatial variations of throughfall through secondary succession of evergreen broad-leaved forests in eastern China. *Hydrological Processes* 26, 1739–1747. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.8251>
- Sheng, H., Cai, T., 2019. Influence of Rainfall on Canopy Interception in Mixed Broad-Leaved—Korean Pine Forest in Xiaoxing'an Mountains, Northeastern China. *Forests* 10, 248. Disponível: <http://dx.doi.org/10.3390/f10030248>
- Sofiah, S., Soejono. Stemflow, throughfall and rainwater interception of eight 19 Indonesian tree species, *Biotropia* 27, 1–13. Disponível: <http://dx.doi.org/10.11598/btb.2020.27.1.726>
- Souza, H., Momolli, D., Ludvichak, A., Schumacher, M., Malheiros, A., 2019. Linear Regression of Incident Precipitation Explains the Throughfall, Stemflow and Interception by the Eucalyptus Canopy under Different Fertilization Management. *Journal of Experimental Agriculture International* 33, 1–11. Disponível: <http://dx.doi.org/10.9734/jeai/2019/v33i430147>
- Terra, M. C. N., Mello, C. R., Mello, J. M., Oliveira, V. A., Nunes, M. H., Silva, V. O., ... Alves, G. J., 2017. Stemflow in a neotropical forest remnant: vegetative determinants, spatial distribution and correlation with soil moisture. *Trees* 32, 323–335. <http://dx.doi.org/10.1007/s00468-017-1634-3>
- Tonello, K.C., Rosa, A.G., Pereira, L.C., Matus, G.N., Guandique, M.E.G., Navarrete, A.A., 2021. Rainfall partitioning in the Cerrado and its influence on net rainfall nutrient fluxes. *Agricultural and Forest Meteorology*, 303, 108372. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108372>
- Van Stan, J.T., Stubbins, A. 2018. Tree-DOM: Dissolved organic matter in throughfall and stemflow. *Limnology and Oceanography Letters* 3, 199–214. Disponível: <https://doi.org/10.1002/lol2.10059>
- Xie, J., Su, D., 2020. Water-holding characteristics of litter in meadow steppes with different years of fencing in Inner Mongolia, China. *Water* 12, 2374. Disponível: <https://doi.org/10.3390/w12092374>
- Yue, K., Frenne, P., Fornara, D.A., Meerbeek, K.V., Li, W., Peng, X., Nil, X. Peng, Y., Wu, F., Yang, Y., Peñuelas, J., 2021. Global patterns and drivers of rainfall partitioning by trees and shrubs. *Global Change Biology, in print*, 1–8. Disponível: <https://doi.org/10.1111/gcb.15644>
- Zhang, H., Wu, H., Li, J., He, B., Liu, J., Wang, N., Duan, W., Liao, A., 2019. Spatial-temporal variability of throughfall in a subtropical deciduous forest from the hilly regions of eastern China. *Journal of Mountain Science* 16, 1788–1801. <http://dx.doi.org/10.1007/s11629-019-5424-9>