



Universidade Federal do Sul da Bahia - UFSB
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA
Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais - PPGCTA

Avezeny Araújo Costa

**TRANSPIRAÇÃO PELO MÉTODO DE DISSIPAÇÃO TÉRMICA EM ÁREAS
DE VEGETAÇÃO CAMPINA E CAMPINARANA DA AMAZÔNIA
CENTRAL**

Orientador: Prof. Dr. Fabrício Berton Zanchi

PORTO SEGURO - BA

JULHO – 2022

Avezeny Araújo Costa

**TRANSPIRAÇÃO PELO MÉTODO DE DISSIPACÃO TÉRMICA EM ÁREAS
DE VEGETAÇÃO CAMPINA E CAMPINARANA DA AMAZÔNIA
CENTRAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Sul da Bahia e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais para obtenção do Título de Mestre em Ciências e Tecnologias Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Fabrício Berton Zanchi

PORTO SEGURO - BA

JULHO – 2022

Catálogo na Publicação (CIP)
Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB)
Sistema de Bibliotecas (SIBI)

C837t Costa, Avezeny Araújo, 1994 -
 Transpiração pelo método de dissipação térmica em áreas de
 vegetação campina e campinarana da Amazônia Central. / Avezeny
 Araújo Costa. – Porto Seguro, 2022.
 49 f.

 Orientador: Prof. Dr. Fabrício Berton Zanchi
 Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Sul da Bahia.
 Centro de Formação em Ciências Ambientais. Programa de Pós-
 Graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais. Campus Sosígenes
 Costa.

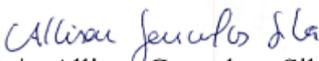
 1. Ciclo Hidrológico. 2. Fluxo de Seiva. 3. Dissipação Térmica. 4.
 Vegetação. I. Zanchi, Fabrício Berton. II. Título.

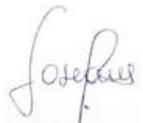
CDD – 581.129

Elaborado por Lucas Sousa Carvalho - CRB-5/1883

**TRANSPIRAÇÃO PELO MÉTODO DE DISSIPACÃO TÉRMICA
EM ÁREAS DE VEGETAÇÃO CAMPINA E CAMPINARANA DA
AMAZÔNIA CENTRAL**

BANCA EXAMINADORA:


Dr/a. Allison Gonçalves Silva
(IFBA/UFSB/PPGCTA)
Presidente/a da banca


Dr/a. Joseane Oliveira da Silva (UENF)
Membro/a externo/a


Dr/a. Gleidson Vieira Marques (UFSB)
Membro/a externo/a

Este trabalho foi submetido à avaliação e julgado aprovado em: 02/05/2022.

Local da Defesa: <https://meet.google.com/hcj-jaxh-tnh>.

PORTO SEGURO – BA

2022

A toda minha família, em
especial aos meus pais,
Jailton e Genilda.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por me guiar até aqui, por ser minha fortaleza para passar por todas as dificuldades, me fazendo acreditar que tudo é possível.

Agradeço à minha mãe, meu pai, avós, tios, tias, primos e amigos, por sempre estarem ao meu lado e me apoiarem em todas as minhas escolhas e decisões, além de serem fonte de amor e alegria, aliviando as minhas angústias e frustrações.

Agradeço aos coordenadores, professores e colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais (PPGCTA).

Agradeço ao meu orientador, Fabrício Berton Zanchi, por me apoiar, me entender e me ajudar em todos os momentos, além de compartilhar seus conhecimentos e suas expectativas.

Agradeço à Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB) - Campus Sosígenes Costa e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) - Campus Porto Seguro, e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais (PPGCTA).

Enfim, agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente para concretização dessa etapa.

Assim como o percurso de um rio, a vida se molda no seu decorrer de acordo com o ambiente.

Joubert Senra

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	7
ABSTRACT	8
LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE FIGURAS	10
INTRODUÇÃO GERAL	11
Ciclo Hidrológico e Florestas	12
Transpiração	13
Fatores que afetam a transpiração	14
Fluxo xilemático	15
Determinação do fluxo de seiva	16
REFERÊNCIAS	17
Comportamento da transpiração de áreas de Campina e Campinarana na Amazônia Central ¹	22
RESUMO.....	22
Transpiration behavior of Campina and Campinarana areas in Central Amazon.....	23
ABSTRACT	23
INTRODUÇÃO.....	24
METODOLOGIA.....	26
Caracterização da Área.....	26
Determinação do Fluxo de Seiva.....	28
RESULTADOS	34
DISCUSSÃO	39
CONCLUSÕES	44
AGRADECIMENTOS	45
REFERÊNCIAS	45

Transpiração pelo Método de Dissipação Térmica em áreas de Vegetação Campina e Campinarana da Amazônia Central

RESUMO GERAL

A transpiração é um dos processos do ciclo hidrológico de grande importância para estudos sobre fisiologia vegetal, e, nos últimos anos, medições de fluxo de seiva têm sido usadas para determinar a transpiração de dosséis. Nesse sentido, o presente estudo teve por objetivo estimar a transpiração de árvores em dois tipos de vegetação da Amazônia Central, Campina e Campinarana, utilizando medições de fluxo de seiva. Para determinação do fluxo de seiva foi utilizado o método de dissipação térmica, com dados coletados diariamente entre março de 2007 e março de 2008. Através da média diária de fluxo de seiva obtida, constatou-se que os valores transpirados pela Campina foram cerca de 82,7% maiores que os valores emitidos pela Campinarana. Também foram determinados os valores de fluxo de seiva para cada mês, e a vegetação Campina obteve o menor valor de fluxo de seiva ocorrido no mês de maio, com $31,6 \text{ mm mês}^{-1}$, o maior fluxo de seiva ocorreu no mês de novembro, o qual se refere ao período chuvoso da região. Já a vegetação Campinarana, apresentou os maiores valores de fluxo de seiva, que ocorreram no mês março de 2007 e março de 2008, com $40,3 \text{ mm mês}^{-1}$ e $42,2 \text{ mm mês}^{-1}$, respectivamente. No período de um ano o fluxo de seiva na vegetação Campinarana foi maior que na vegetação Campina, tais resultados podem ser justificados pelo fato de que na vegetação Campina há uma cobertura de dossel menos homogênea, permitindo a entrada de vento e calor, aumentando a evaporação da água do solo e da vegetação. Concluímos que os valores de transpiração, trouxeram informações importantes sobre os mecanismos de uso da água dessas vegetações, além disso, observamos que as duas vegetações se comportaram de maneira distinta frente às variáveis ambientais e fisiológicas.

Palavras-chave: Ciclo Hidrológico; Fluxo de seiva; Dissipação Térmica, vegetação.

Transpiration by the Thermal Dissipation Method in Campina and Campinarana Vegetation areas of Central Amazon

ABSTRACT

Transpiration is one of the hydrological cycle processes of great importance for studies on plant physiology, and, in recent years, sap flow measurements have been used to determine canopy transpiration. In this sense, the present study aimed to estimate the transpiration of trees in two types of vegetation in Central Amazonia, Campina and Campinarana, using measurements of sap flow. To determine the sap flow, the thermal dissipation method was used, with data collected daily between March 2007 and March 2008. Through the daily average of sap flow obtained, it was found that the values transpired by Campina were about 82.7% higher than the values issued by Campinarana. The sap flow values were also determined for each month, and the Campina vegetation had the lowest sap flow value in May, with 31.6 mm month⁻¹, the highest sap flow occurred in November, which refers to the rainy season in the region. The Campinarana vegetation, on the other hand, presented the highest values of sap flow, which occurred in March 2007 and March 2008, with 40.3 mm month⁻¹ and 42.2 mm month⁻¹, respectively. In the period of one year, the sap flow in the Campinarana vegetation was greater than in the Campina vegetation, such results can be justified by the fact that in the Campina vegetation there is a less homogeneous canopy cover, allowing the entry of wind and heat, increasing evaporation of soil water and vegetation. We concluded that the transpiration values brought important information about the water use mechanisms of these vegetations, in addition, we observed that the two vegetations behaved differently in the face of environmental and physiological variables.

Keywords: Hydrological Cycle; Sap flow; Thermal dissipation, vegetation.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características das espécies estudadas (Campina e Campinarana).....	33
Tabela 2. Média mensal do fluxo de seiva das vegetações Campina e Campinarana.	36
Tabela 3. Dados do fluxo de seiva sazonal nas vegetações Campina e Campinarana.....	37
Tabela 4. Fluxo de seiva anual da vegetação Campina e Campinarana	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. a) Sensores instalados nas arvores; b) Veruma de <i>Pressler</i> ou extrator de seção transversal usado para amostras do material lenhoso com algumas amostras retiradas de árvores do experimento para identificação do Alburno (Seiva bruta).	30
Figura 2. Média do fluxo de Seiva diário das árvores das vegetações Campina e Campinarana.	34
Figura 3. Fluxo diário médio de Seiva diário das árvores das vegetações Campina e Campinarana.	35
Figura 4. Fluxo de seiva anual as vegetações Campina e Campinarana.	38

INTRODUÇÃO GERAL

As florestas abrigam mais de três quartos da biodiversidade terrestre e desempenham serviços fundamentais para a manutenção da vida e, particularmente, para a conservação do solo, ciclo da água, estoque de carbono e proteção de habitat. Apesar dessa importância, a grande pressão sobre os recursos florestais ocasiona degradação e desmatamento. Entre os anos de 1990 e 2015, a área florestal mundial diminuiu de 31,6% da área terrestre do mundo para 30,6%, sendo perdidos nesse período 129 milhões de hectares de floresta (FAO, 2016).

No território brasileiro estão localizadas 30% (3,57 milhões de km²) do total de florestas tropicais do mundo e dois terços dessas florestas estão na região amazônica, que atualmente possui uma área equivalente a 5.033.072 km². Devido as diferentes formas de ocupação da Amazônia, nos últimos houve um aumento significativo do desmatamento (SALATI et al., 1998; FERREIRA et al., 2005; INPA, 2021).

O desmatamento parcial ou total das florestas afeta o ciclo hidrológico, no mínimo em uma escala regional, e para compreender o impacto da remoção de árvores nos balanços hídricos locais e regionais, torna-se fundamental conhecer os fatores fisiológicos, ecológicos e ambientais que influenciam a perda de água de árvores e áreas florestais (ROLLENBECK et al., 2007; DAWSON, 1996).

De acordo com Rodrigues, Gandolfi e Brancalion (2015), estudos de modelagem sugerem que o desmatamento em grande escala pode diminuir as taxas de precipitação em virtude de mudanças no balanço de energia e diminuição da evapotranspiração, em que menos umidade é devolvida à atmosfera.

Dentre os ecossistemas florestais, a floresta nativa é o que atua de forma mais considerável no balanço hídrico, interferindo diretamente na redistribuição da chuva e, conseqüentemente, nas parcelas de água que contribui para a recarga dos aquíferos e na água que retorna para a atmosfera (ÁVILA, 2011).

Segundo Zanchi, (2013) e Del Campo et al. (2019), com as mudanças climáticas globais (secas, déficit hídrico, fogo e etc.), a disponibilidade de água pode comprometer o desenvolvimento de florestas, que ficam sujeitas a invasões por espécies mais adaptadas aos extremos climáticos. Por isso compreender as taxas fotossintéticas, transpiração e eficiência do uso da água nas áreas florestais, requer o entendimento das interações e variações dos fatores ambientais e morfológicos das plantas (disponibilidade de água, transpiração, índice de área

foliar, tamanho da copa, incidência de luz, CO₂, temperatura etc.), com as diferenças específicas de cada espécie, segundo seu genótipo (LAMBERS et al., 2000).

Em média 50% da precipitação que ocorre na região amazônica é reciclada via transpiração (SALATI, 1998). Os indivíduos arbóreos com diâmetro do tronco maior ou igual a trinta centímetros medido a 1,3 metros do solo de uma floresta amazônica são os mais influentes nas taxas de transpiração, atuando fortemente na manutenção hidrológica desse ecossistema (KUNERT et al., 2017).

Ciclo Hidrológico e Florestas

A distribuição e o movimento de água no sistema solo-planta-atmosfera podem ser compreendidos através do ciclo hidrológico.

Segundo Heller e Pádua (2006) o ciclo hidrológico é composto por seis processos básicos: evaporação, precipitação, infiltração, transpiração, escoamentos superficial e subterrâneo. Sob o efeito da radiação solar e da turbulência atmosférica, a evaporação ocorre a partir das superfícies de água, formando uma massa de ar úmido. O resfriamento deste ar úmido provoca a condensação do vapor e a formação de gotas de água, dando origem às nuvens. O choque entre as gotículas em suspensão provoca o seu crescimento, tornando-as suficientemente pesadas, para se precipitam sob a forma de chuva, neve ou granizo.

Parte da precipitação pode ser recolhida pela folhagem e troncos da vegetação e não atinge o solo. A esse armazenamento de água dá-se o nome de interceptação. A parcela da precipitação que atinge o solo pode infiltrar para o subsolo, escoar sobre a superfície ou ser recolhida diretamente por cursos e corpos d'água. (HELLER; PÁDUA, 2006).

De acordo com Schiavetti e Camargo (2002), a água que penetra na superfície do solo pode percolar ou infiltrar, segundo a ação das tensões capilares nos poros ou pela força da gravidade. A parte da água que é absorvida pelas plantas é quase toda devolvida para a atmosfera através de sua transpiração.

Os ecossistemas florestais possuem estreita relação com o ciclo hidrológico uma vez que interferem diretamente na redistribuição da chuva e, conseqüentemente, nas parcelas de água que contribui para a recarga dos aquíferos e na que retorna para a atmosfera. Dentre os ecossistemas florestais, a floresta nativa é o que atua de forma mais significativa no balanço hídrico e dentre as funções que esta desempenha, destacam-se: a formação de novas massas atmosféricas úmidas através das perdas por interceptação pelo dossel florestal, a qual contribui para o processo de precipitação; a influência positiva sobre a hidrologia do solo, melhorando

os processos de infiltração, percolação e armazenamento de água; participação da vegetação herbácea e da matéria orgânica que recobre a superfície do solo, atuando na dissipação da energia cinética das gotas das chuvas, com redução do processo erosivo e atenuação das vazões máximas (ÁVILA, 2011).

Segundo Zalewski (2010), a dinâmica do ciclo da água em uma bacia hidrográfica depende do clima, geomorfologia, cobertura vegetal e tipologia dos ecossistemas de água doce.

Uma das principais influências da floresta ocorre no recebimento das chuvas pelas copas das árvores, quando se dá o primeiro fracionamento da água, onde uma parte é temporariamente retida pela massa vegetal e em seguida evaporada para a atmosfera, processo denominado de interceptação. O restante alcança o solo como por precipitação interna ou pelo escoamento de água pelo tronco das árvores (ARCOVA; CICCIO; ROCHA, 2003), e a soma desses dois processos é denominado precipitação efetiva (MOURA et al., 2009).

A interceptação de chuva é um processo hidrológico essencial para a manutenção de serviços ecossistêmicos relacionados à água, desempenhando um papel importante no balanço hídrico (GARDON et al., 2020). De acordo com Telles (2013), a interceptação pode ser definida como o volume de precipitação que é retido ou armazenado pela vegetação, e eventualmente perdido por evaporação, a influência no balanço hídrico depende do tipo de cobertura vegetal e das características de precipitação.

Transpiração

A água com frequência é um recurso limitante para as plantas, porque elas a utilizam em enormes quantidades. A maior parte, cerca de 97%, da água absorvida pelas raízes é transportada pela planta e evaporada pelas superfícies foliares. Essa perda de água denomina-se transpiração. Por outro lado, apenas uma pequena quantidade da água absorvida pelas raízes realmente permanece na planta para suprir o crescimento, ou para ser consumida nas reações bioquímicas da fotossíntese e em outros processos metabólicos (TAIZ et al., 2017).

De acordo com Kramer (1983) e Ward et al. (2004), a transpiração é definida como a perda de água na forma de vapor das plantas, enquanto a evaporação é a perda de água da superfície do solo e do dossel da vegetação (após a interceptação de água da precipitação). Além disso, a evapotranspiração em evaporação do solo, evaporação do dossel e transpiração das árvores sobre uma superfície terrestre depende do tipo de vegetação e da porcentagem de cobertura vegetal (BALDOCCHI et al., 2004; WANG et al., 2010; OOGATHOO et al., 2022).

No processo de transpiração as plantas devolvem para a atmosfera parte da água que absorveram do solo, expondo-a à evaporação através de pequenas aberturas existentes em sua folhagem, denominadas estômatos. O conjunto dos processos de evaporação da água do solo e transpiração é conhecido por evapotranspiração (HELLER; PÁDUA, 2006).

Em um fluxo de água a partir do solo, a perda de vapor de água ocorre através da fenda estomática, as folhas abrem seus estômatos para obter CO_2 para realizar a fotossíntese, difundindo o vapor de água para fora delas. Isso causa a evaporação da água da superfície das paredes celulares dentro das folhas. Por sua vez, a perda de água das paredes celulares causa o decréscimo do potencial hídrico, gerando um fluxo de água em direção aos sítios de evaporação (TAIZ et al., 2017).

A aquisição de estômatos foi uma adaptação chave das plantas terrestres, que juntamente com o desenvolvimento de uma cutícula cerosa e sistema vascular permitiram que as primeiras plantas colonizassem o ambiente terrestre. A capacidade de controlar a absorção de CO_2 é importante no contexto da fotossíntese, enquanto a regulação da perda de água evapotranspiratória afeta o acúmulo de água e nutrientes minerais nas partes aéreas da planta e protege contra curtos períodos de redução da água disponível no solo (PLACKETT et al., 2021).

Dessa forma, o controle estomático da transpiração exerce uma influência importante no equilíbrio entre a absorção de carbono e as perdas de água, o que influencia a sobrevivência e o crescimento das árvores (WU et al., 2021).

Fatores que afetam a transpiração

A transpiração das árvores depende de variáveis ambientais, como pressão de vapor, velocidade do vento, radiação solar que atinge a copa, temperatura do ar, concentração de dióxido de carbono e umidade do solo. Essas variáveis ambientais impactam a transpiração das árvores de várias maneiras (O'BRIEN; OBERBAUER; CLARK, 2004).

Um estudo de Dixon e Grace (1984) mostrou que a transpiração das árvores diminuiu com o aumento da velocidade do vento. Obrien et al. (2004) descobriram que em um ambiente de alta evapotranspiração, o suprimento insuficiente de água no solo levaria a uma diminuição na transpiração das árvores. Chen et al. (2019) explorou a interação da temperatura do ar, umidade do solo, radiação fotossinteticamente ativa (PAR) e déficit de pressão de vapor (VPD) com a transpiração do dossel e mostrou que PAR e VPD foram as variáveis ambientais decisivas que explicaram a transpiração do dossel.

Além dos fatores ambientais, a idade e densidade das árvores, também influencia a taxa de transpiração. Árvores em plantações jovens têm uma alta taxa de transpiração (ou seja, mais transpiração por unidade de área foliar ou área de alburno) em comparação com árvores em plantações antigas (ALSHEIMER et al., 1998; KÖSTNER, 2001), provavelmente devido à maior resistência hidráulica entre o solo e a copa causada pela maior altura das árvores de plantações antigas (RYAN; YODER, 1997; TSURUTA et al., 2015; SONG et al., 2020).

As características anatômicas das plantas também podem influenciar na transpiração, tais como a espessura da cutícula, o tamanho e a forma das folhas, a cor, o revestimento (pilosidades) e a orientação em relação à luz, o número e a localização dos estômatos (se mais profundos ou mais superficiais), e a proporção dos tecidos fundamentais que formam o corpo dos vegetais (DIAS, 2008).

Fluxo xilemático

O sistema vascular, que move, ou transloca, água e solutos por todo o comprimento da planta, é constituído por dois tipos de sistemas: o xilema e o floema. A área do xilema ativo ou alburno é a porção fisiologicamente ativa do tronco responsável pelo armazenamento e transporte de água e solutos das raízes até a copa (TAIZ; ZEIGER, 2009; TAIZ et al., 2017).

O desenvolvimento do xilema é acompanhado pela perda do núcleo e de muitas outras organelas, permitindo que as células formem uma rede de tubos para o transporte de água (TAIZ et al., 2017).

Para que ocorra a transpiração, a água é absorvida pela raiz e conduzida no tecido vascular vegetal formado por elementos condutores de água (xilema). Durante todo o processo de transpiração, novas moléculas de água são absorvidas, isso permite a formação de um fluxo interno no vegetal, mais conhecido como fluxo de seiva (SANTOS, 2019).

Os condutos do xilema formam uma rede complexa e interconectada que distribui água entre raízes, folhas e frutos em plantas vasculares. Sob as pressões negativas extremas mantidas durante a transpiração, os condutos individuais do xilema são propensos à cavitação, a rápida mudança de fase da água líquida para vapor (TYREE; ZIMMERMANN, 2002).

A cavitação do xilema é definida como a perda de condução da água devido ao aumento das pressões negativas - altas tensões - que fazem com que a água líquida dentro do xilema passe para a fase de vapor (SERGENT et al., 2020).

Sabe-se ainda que a taxa de transporte de nutrientes no xilema é determinada tanto pela taxa de fluxo de seiva na corrente de transpiração quanto pela concentração de nutrientes na seiva do xilema, que pode variar independentemente (HOUSHMANDFAR et al., 2015).

De acordo com Taiz et al. (2017), o movimento de água do solo para a atmosfera através da planta envolve diferentes mecanismos de transporte, a resistência hidráulica das folhas é grande e varia em resposta às condições de crescimento e exposição a baixos potenciais hídricos foliares. Além disso, a transpiração depende de a diferença na concentração de vapor de água entre os espaços foliares e o ar externo e da resistência à difusão dessa rota, a qual consiste da resistência dos estômatos, a abertura e o fechamento da fenda estomática são realizados e controlados pelas células-guarda (TAIZ et al., 2017).

A quantificação precisa da transpiração das árvores é, portanto, importante para a fisiologia das árvores, ecohidrologia e outros estudos (SONG et al., 2021).

Determinação do fluxo de seiva

A determinação do fluxo de seiva, associados a outras observações, como o potencial da água na folha, à resistência estomática e às variações de diâmetro do caule, constitui-se numa excelente ferramenta para analisar a reação da planta submetida a diferentes condições hídricas do solo e capacidade evaporativa do ar (DELGADO-ROJAS, 2006).

A quantificação da transpiração em escala de estande por meio do monitoramento do fluxo de seiva de uma única árvore em um campo tem sido outra técnica de interesse na pesquisa de uso de água de plantas nas últimas duas décadas. As medições de fluxo de seiva nos permitem determinar a quantidade total de água transpirada por espécies arbóreas diariamente, bem como caracterizar os mecanismos ecológicos e fisiológicos que as espécies arbóreas usam para lidar com a disponibilidade limitada de água no solo (LINK et al., 2014; DU et al., 2011, HUANG et al., 2011, BERRY et al., 2017; WU, 2021).

Medições de fluxo de seiva têm sido usadas por vários anos para determinar a transpiração de dosséis, e possui diversas vantagens, incluindo monitoramento relativamente fácil e contínuo por um curto período (CHABOT et al., 2005).

Nos últimos anos têm sido desenvolvidos diversos métodos para determinação do fluxo de seiva. Na literatura são frequentemente estudados dois métodos térmicos denominados de velocidade de pulso de calor (MARSHAL, 1958) e o método de dissipação térmica (GRANIER, 1985). Esses métodos utilizam fornecimento de calor ao caule, atuando como “marcador” da

seiva, o qual pode ser relacionado com a densidade de fluxo de seiva e, por consequência, com a transpiração (ROJAS et al., 2007).

O método de Granier (dissipação térmica) consiste em fornecimento de calor, por meio de uma fonte regulável de energia elétrica e de potência constante no interior do caule, pelo uso de uma sonda que relaciona o transporte convectivo deste calor com o fluxo de seiva. Para isto são necessárias duas sondas com junção de termopar de cobre e constantan, verificando a diferença de temperatura do caule no ponto do aquecimento e outro abaixo, e assim obter uma temperatura diferencial, sendo esta dependente da velocidade de seiva (GRANIER, 1985; GRANIER, 1987).

O método de dissipação térmica possui vantagens ao utilizar princípios físicos relativamente simples que podem ser aplicados diretamente no campo, sem alterar as condições fisiológicas e microclimáticas da planta (JUNIOR et al., 2013).

Esse método de medida só permite conhecer um dos componentes da evapotranspiração, a transpiração, mas permite também acompanhar o funcionamento hídrico das plantas no seu ambiente natural, durante períodos prolongados (dias e meses), ou seja, a determinação do fluxo de seiva é uma forma de quantificar a transpiração em plantas quando se trabalha em escala diária (IZÍDIO, 2014).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi analisar o comportamento do fluxo de seiva obtido através do método de dissipação térmica, em espécies da Amazônia brasileira com ocorrência de vegetação Campina e Campinarana.

REFERÊNCIAS

ALSHEIMER, M.; KÖSTNER, B.; FALGE, E.; TENHUNEN, J.D. Temporal and spatial variation in transpiration of Norway spruce stands within a forested catchment of the Fichtelgebirge. *Annales des Sciences Forestières*, v. 55, p. 103-123, 1998.

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V.; ROCHA, P. A. B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha-São Paulo. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 257-262, mar-abr. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rarv/v27n2/15943.pdf>. Acesso em: 5 de jun de 2020.

ÁVILA, Léo Fernandes. **Balço Hídrico em um Remanescente de Mata Atlântica da Serra da Mantiqueira, MG**. 2011. Tese (Pós-Graduação em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

BALDOCCHI, Dennis D.; XU, Liukang; KIANG, Nancy. How plant functional-type, weather, seasonal drought, and soil physical properties alter water and energy fluxes of an

oak–grass savanna and an annual grassland. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 123, p. 13-39, 2004.

BERRY, Z Carter; LOOKER, Nathaniel; HOLWERDA, Friso; AGUILAR, León Rodrigo Gómez; COLIN, Perla Ortiz; MARTÍNEZ, Teresa González; ASBJORNSEN, Heidi. Why size matters: the interactive influences of tree diameter distribution and sap flow parameters on upscaled transpiration. **Tree Physiology**, v. 38, p. 263–275, 2018.

CHABOT, Rosanne; BOUARFA, Sami; ZIMMER, Daniel; CHAUMONT, Cédric; MOREAU, Sylvain. Evaluation of the sap flow determined with a heat balance method to measure the transpiration of a sugarcane canopy. **Agricultural Water Management**, p. 10–24, 2005.

CHEN, Xia; ZHAO, Ping; HU, Yanting; OUYANG, Lei; ZHU, Liwei; NI, Guangyan. Canopy transpiration and its cooling effect of three urban tree species in a subtropical city-Guangzhou, China. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 43, n. 126368, 2019.

DAWSON, Todd E. Determining water use by trees and forests from isotopic, energy balance and transpiration analyses: the roles of tree size and hydraulic lift. **Tree Physiology**, 2 mar. 1996.

DEL CAMPO, A. D., GONZÁLEZ-Sanchis, M., GARCÍA-Prats. The impact of adaptive forest management on water fluxes and growth dynamics in a water-limited low-biomass oak coppice. **Agricultural and Forest Meteorology**, p. 264–282, 2019.

DELGADO-ROJAS, Juan S.; RIGHI, Ciro A.; KARASAWA, Shiguekazu; ANGELOCCI, Luiz R.; BERNARDES, Marcos S.; FOLEGATTI, Marcos V. Desempenho do método de dissipação térmica na medida do fluxo de seiva em seringueira. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 3, p. 722-729, 2006.

DIAS, Lúcia Borges. **Água nas Plantas**. (Monografia) - Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, 2008.

DIXON, M.; GRACE, J. Effect of wind on the transpiration of young trees. **Annals of Botany**, v. 53, p. 811–819, 1984.

DU, Sheng; WANG, Yi-Long; KUME, Tomonori; ZHANGA, Jian-Guo; OTSUKI, Kyoichi; YAMANAKA, Norikazu; LIU, Guo-Bin. Sapflow characteristics and climatic responses in three forest species in the semiarid Loess Plateau region of China. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 151, p. 1-10, 2011.

FAO. **El Estado de los bosques del mundo 2016. Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra**. Roma, 2016.

FERREIRA, Leandro Valle; VENTICINQUE, Eduardo; ALMEIDA, Samuel. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos Avançados**. v. 19, n. 53, p. 157-166, 2005.

GARDON, Fernando Ravanini; TOLEDO, Renato Miazaki de; BRENTAN, Bruno Melo; SANTOS, Rozely Ferreira dos. Rainfall interception and plant community in young forest restorations. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 109, 2020. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X19307733><https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X19307733>. Acesso em: 7 jul. 2020.

GRANIER, A. Une nouvelle method pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. **Annales des Sciences Forestières**, v.42, p.193-200, 1985.

HELLER, Léo; PÁDUA, Vitor Lúcio de. **Abastecimento de Água para Consumo Humano**. Belo Horizonte: UFMG, 2006.

HOUSHMANDFAR, Alireza; FITZGERALD, GLENN J.; TAUSZ, Michael. Elevated CO₂ decreases both transpiration flow and concentrations of Ca and Mg in the xylem sap of wheat. **Journal of Plant Physiology**, v. 174, 2015.

HUANG, Yuqing; LI, Xiankun; ZHANG, Zhongfeng; HE, Chengxin; ZHAO, Ping; YOU, Yeming; MO, Ling. Seasonal changes in *Cyclobalanopsis glauca* transpiration and canopy stomatal conductance and their dependence on subterranean water and climatic factors in rocky karst terrain. **Journal of Hydrology**, v. 402, p. 135-143, 2011.

INPA, Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas, 2021. Disponível em: www.inpa.gov.br. Acesso em: 21 de out. de 2021.

IZÍDIO, Naiara Sâmia Caldas. **Estimativa da transpiração em meloeiro utilizando sensores de fluxo de seiva por dissipação térmica**. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2014.

JUNIOR, Osvaldo B. Pinto; VOURLITIS, George L.; SANCHES, Luciana; DALMAGRO, Higo J.; LOBO, Francisco de A.; NOGUEIRA, José de S. Transpiração pelo método da sonda de dissipação térmica em floresta de transição Amazônica. **R. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 3, p. 268–274, 2013.

KÖSTNER, B. Evaporation and transpiration from forests in Central Europe – relevance of patch-level studies for spatial scaling. **Meteorol. Atmos. Phys.**, v. 76, p. 69-82, 2001.

KRAMER, P. J. Water Relations of Plants. **Academic Press**, Orlando, 1983.

KUNERT, N. et al. A revised hydrological model for the Central Amazon: the importance of emergent canopy trees in the forest water budget. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 239, p. 47-57, 2017.

LAMBERS, Hans, CHAPLIN III, F. STEWART, Pons, Thijs L. **Plant Physiological Ecology**. New York City, 2000.

LINK, P.; SIMONIN, K.A.; MANESS, H.; OSHUN, J.; DAWSON, T.; FUNG, I. Species differences in the seasonality of evergreen tree transpiration in a Mediterranean climate: analysis of multiyear, half-hourly sap flow observations. **Water Resources Research**, v. 50, p. 1869-1894, 2014.

MARSHAL, D.C., 1958. **Measurement of sap flow in conifers by heat transport**, 33, 385–396.

MOURA, Albert Einstein Spindola Saraiva de; CORREAI, Marcus Metri; SILVA, Elcides Rodrigues da; FIGUEIREDO, Adriana de Carvalho; FERREIRA, Rinaldo Luiz Caraciolo; POSSAS, José Marcelo Cordeiro. Interceptação das chuvas em um fragmento de floresta da Mata Atlântica na Bacia do Prata, Recife, PE. **Revista Árvore**, v. 33, ed. 3, 1 maio 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622009000300008. Acesso em: 23 jun. 2020.

O'BRIEN, J. J.; OBERBAUER, S. F.; CLARK, D. B. Whole tree xylem sap flow responses to multiple environmental variables in a wet tropical forest. **Plant, Cell Environment**, v. 5, n. 27, p. 551-567, 2004.

PLACKETT, Andrew R.G.; EMMS, David M.; KELLY, Steven; HETHERINGTON, Alistair M.; LANGDALE, Jane A. Conditional stomatal closure in a fern shares molecular features with flowering plant active stomatal responses. **Current Biology**, v. 31, 2021.

RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; GANDOLFI, Sergius; BRANCALION, Pedro Henrique Santin. **Restauração Florestal**. Oficina de Textos, 2015.

ROJAS, Juan. S. D.; Angelocci, L. R.; Folegatti, M. V.; Coelho Filho, M. A. Desempenho da sonda de dissipação térmica na medida da transpiração de plantas jovens de lima ácida. **Engenharia Agrícola**, v.27, p.404-413. 2007.

ROLLENBECK, Rütger; ANHUF, Dieter. Characteristics of the water and energy balance in an Amazonian lowland rainforest in Venezuela and the impact of the ENSO-cycle. **Journal of Hydrology**, v. 337, p. 377-390, 2007.

RYAN, M.G.; YODER, B.J. Hydraulic limits to tree height and tree growth. **BioScience**, v. 47, p. 235-242, 1997.

SALATI, E.; DALL'OLIO, A.; MATSUI, E.; GAT, J. R. Recycling of Water in the Amazon Basin: An Isotopic Study. **Water Resour Research**, v. 15, n. 5, p. 1250-1258, 1979.

SALATI, A.; A.A. SANTOS; LOVEJOY; E. KLABIN. Porque Salvar a Floresta Amazônica. **INPA**. 144, 1998.

SANTOS, Bruna Duarte. **Construção e Avaliação de Sistema de Medição de Fluxo de Seiva pelos Métodos de Pulso de Calor e o da Dissipação Térmica no Tronco do Cacaueiro**. (Graduação em Ciências Exatas e da Terra) – Universidade Federal do Recôncavo Baiano (UFRB), Cruz das Almas, 2019.

SCHIAVETTI, Alexandre; CAMARGO, Antonio Fernando Monteiro. **Conceitos de bacias hidrográficas : teorias e aplicações**. Editus, Ilhéus, 2002.

SERGENT, A.S.; SEGURA, V.; CHARPENTIER, J.P.; DALLA-SALDA, G.; FERNÁNDEZ, ROZENBERG, M.E.; P., MARTINEZ-MEIER, A. Assessment of resistance to xylem cavitation in cordilleran cypress using near-infrared spectroscopy. **Forest Ecology and Management**, v. 462, 2020.

SONG, Lining; ZHU, Jiaojun; ZHENG, Xiao; WANG, Kai; LÜ, Linyou; ZHANG, Xiaolin; HAO, Guangyou. Transpiration and canopy conductance dynamics of *Pinus sylvestris* var.

mongolica in its natural range and in an introduced region in the sandy plains of Northern China. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 281, 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Plant Physiology. **Ed. Sinauer Associates**, Massachusetts, 2^a ed, 792 p., 1998.

TAIZ, Lincoln *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TELLES, Dirceu D'Alkmin. **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. 1. ed. [S. l.]: Edigar Blucher, 2013. 504 p.

TSURUTA, Kenji; KOMATSU, Hikaru; KUME, Tomonori; SHINOHARA, Yoshinori; OTSUKI, Kyoichi Canopy transpiration in two Japanese cypress forests with contrasting structures. **Journal of Forest Research**, n. 5, v. 20, p. 464-474, 2015.

TYREE, M; ZIMMERMANN, M. **Xylem Structure and the Ascent of Sap**. Springer-Verlag, New York, 2002.

WANG, L.; CAYLOR, J.C; VILLEGAS, G.A.; BARRON-GAFFORD, D.D; HUXMAN, T.E. Partitioning evapotranspiration across gradients of woody plant cover: Assessment of a stable isotope technique. **Geophys**, v. 9, n. 37, 2010.

WARD, A.D.; TRIMBLE, S.W. Environmental Hydrology. **Lewis publishers**, ed. 2, 2004.

WU, Ze; BEHZAD, Hamid M.; HE, Qiufang; WU, Chao; BAI, Ying; JIANG, Yongjun. Seasonal transpiration dynamics of evergreen *Ligustrum lucidum* linked with water source and water-use strategy in a limestone karst area, southwest China. **Journal of Hydrology**, v. 597, n. 126199, 2021.

ZALEWSKI, Maciej. Ecohydrology and Hydrologic Engineering: Regulation of Hydrology-Biota Interactions for Sustainability. **Journal of Hydrologic Engineering**, Poland, v. 1, 5 jun. 2010. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/273022498_Ecohydrology_and_Hydrologic_Engineering_Regulation_of_Hydrology-Biota_Interactions_for_Sustainability. Acesso em: 30 jun. 2020.

ZANCHI, F.B. **Vulnerability to drought and soil carbon exchange of valley forest in Central Amazonia (Brazil)**. Dissertação de Doutorado, Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam. 178p., 2013.

Comportamento da transpiração de áreas de Campina e Campinarana na Amazônia Central¹

RESUMO

As Campinas e Campinaranas são ecossistemas da Amazônia Central que possuem grande importância para a conservação da biodiversidade da Amazônia. Na literatura, há poucos estudos relacionados ao uso da água da vegetação Campina e Campinarana, e, muitas vezes, estão associados há um único tipo de vegetação. Nesse sentido, o artigo teve por objetivo estimar a transpiração de árvores nos dois tipos de vegetação, utilizando medições de fluxo de seiva para compreender a eficiência e os padrões do uso da água e analisar a diferença da capacidade hidráulica dos dois ecossistemas florestais. As medições de fluxo de seiva foram realizadas através do método de dissipação térmica, coletadas diariamente entre março de 2007 e março de 2008. Encontramos, através da média diária de fluxo de seiva, que os valores transpirados pela Campina foram cerca de 82,7% maiores. Notamos também que houve diferença no início do período de transpiração na vegetação Campina, que ocorreu às 8h, já na Campinarana ocorreu às 9h. A média mensal de fluxo de seiva na Campina foi igual a 38,42 mm mês⁻¹ e para Campinarana 28,41 mm mês⁻¹, na Campina os valores de fluxo de seiva no período seco e chuvoso foram similares, já na Campinarana, durante o período seco percebe-se uma maior transpiração. A média anual de fluxo de seiva da vegetação Campina foi igual a 5741,49 mm ano⁻¹ hectare⁻¹, e na Campinarana foi 8196,08 mm ano⁻¹ hectare⁻¹. Concluiu-se que a determinação da transpiração através de medições de fluxo de seiva, trouxe informações importantes sobre os diferentes mecanismos de uso da água utilizados para cada tipo de vegetação.

Palavras-chave: Fluxo de Seiva, Uso da água, Biodiversidade, Ecossistemas florestais.

¹Manuscrito submetido ao periódico Acta Amazonica: <https://acta.inpa.gov.br/>

Transpiration behavior of Campina and Campinarana areas in Central Amazon

ABSTRACT

Campinas and Campinaranas are ecosystems in the Central Amazon that are of great importance for the conservation of Amazonian biodiversity. In the literature, there are few studies related to the use of unique water in the vegetation of Campina and Campinarana, and they are often associated with a type of vegetation. article sense, the by inspiration of trees in the two types of water water, using measurements of dryness to understand the efficiency and objective the patterns of use and analysis of the difference in the hydraulic capacity of the two ecosystems. Sap flow measurements were performed using the thermal dissipation method, collected daily between March 2000 and March 2008. . Note also that there was a difference in the beginning of the transpiration period in Campina vegetation, which occurred at 8 am, whereas in Campinarana it occurred at 9 am. The monthly average of sap flow in Campina was equal to 38.42 mm.month⁻¹ and for Campinarana 28.41 mm.month⁻¹, in Campina the sap flow values in the dry period were similar, in Campinarana, during the dry period. dry, greater transpiration can be seen. The average annual sap flow in the Campina forest was equal to 5741.49 mm.year⁻¹hectare⁻¹, and in Campinarana it was 8196.08 mm.year⁻¹hectare⁻¹. The determination of transmission through important sap flow measurements brought information about the water of important plants.

Keywords: Sap Flow, Water Use, Biodiversity, Forest Ecosystems.

INTRODUÇÃO

A maior floresta tropical da terra pertence a região amazônica, sendo formada por diferentes paisagens, tais como a dominante floresta de terra firme que pode ser encontrada em toda a região, incluindo, floresta de várzea, floresta de igapó e áreas de brejo (Prance 1979; Luizão et al. 2007), savanas dos tipos Campina, Campinarana e Cerrado (Luizão et al. 2007), restingas litorâneas, mangues (Pires, 1973) e campos amazônicos (Anderson 1981), bem como áreas de pastagem e agricultura (Zanchi et al. 2013).

Dentre as formações acima citadas, a formação, regionalmente conhecida como Campina, é típica da Amazônia Central e Ocidental. Esse tipo de vegetação cresce sobre solo arenoso, pobre em nutrientes e quase sempre não apresenta acúmulo de serapilheira (Braga 1979; Anderson 1981). Geralmente adjacente à Campina ocorre a Campinarana que, de acordo com Pires (1973), desenvolve-se também sobre solo arenoso, no qual se acumula grande quantidade de serapilheira.

As Campinas e Campinaranas ocupam cerca de 5% do bioma amazônico, também conhecidas como caatingas amazônicas, muitas vezes são confundidas como um tipo de vegetação única, no entanto, a origem, estrutura e composição da vegetação são distintas (Anderson 1981; Adeney et al. 2016).

Apesar de ocorrerem em áreas pouco extensas, abrigam uma grande quantidade de espécies endêmicas com condições edáficas específicas e vegetação fortemente adaptada, possuindo uma grande importância para a conservação da biodiversidade da Amazônia. (Anderson 1981; Ferreira et al. 2013). No entanto, muitas áreas com vegetações do tipo Campina e Campinarana na Amazônia, são utilizadas para extração de areia destinada à construção civil, o que torna esses ambientes altamente ameaçados (Anderson 1981; Mendonça et al. 2015).

A transpiração das árvores é um importante mecanismo fisiológico envolvido nas estratégias de conservação de água, que permite o crescimento e a sobrevivência das árvores,

além disso, é fundamental para o funcionamento do ciclo hidrológico, influenciando os ecossistemas e até mesmo a quantidade de água disponíveis (Muñoz-Villers et al. 2018; Wu et al. 2021).

A determinação da transpiração das árvores vem sendo realizada através de medições de fluxo de seiva, que quantifica o uso de água em toda planta (Nadezhdina et al. 2020). Tais medições proporcionam vantagens no tratamento de respostas fisiológicas de ambientes heterogêneos, considerando a transpiração no nível do ramo e da árvore inteira, além disso, a densidade do fluxo de seiva medida em árvores individuais representativas pode ser ampliada para estimar a transpiração de um estande (Song et al. 2020).

As medições de fluxo de seiva podem ser associadas a observações, como o potencial da água na folha, à resistência estomática e às variações de diâmetro do caule. Além disso, é possível analisar o comportamento das árvores quando submetidas a diferentes condições hídricas do solo e capacidade evaporativa do ar (Rojas et al. 2006). Fatores meteorológicos, estruturas biológicas das plantas, bem como os níveis de abastecimento de água subterrânea e do solo são os principais fatores que controlam o fluxo de seiva das plantas (Deng et al. 2021).

Nos últimos anos têm sido desenvolvidos diversos métodos e técnicas para determinação do fluxo de seiva. Um dos métodos mais estudados é o método de dissipação térmica desenvolvido por Granier (1985) para medir o fluxo de seiva em espécies florestais. O método possui vantagens ao estimar com precisão a transpiração das árvores utilizando princípios físicos relativamente simples que podem ser aplicados diretamente no campo, sem alterar as condições fisiológicas e microclimáticas da planta (Junior et al. 2013; Song et al. 2020).

Na literatura há poucos estudos relacionados ao uso da água da vegetação Campina, e muitas vezes estão associados com a vegetação Campinarana, já para esta última, ainda não há pesquisas que quantifica as taxas de transpiração das árvores desse importante ecossistema.

Dessa forma, o objetivo do artigo foi estimar a transpiração de árvores em dois tipos de vegetação da Amazônia Central, Campina e Campinarana, utilizando medições de fluxo de seiva através do método de dissipação térmica para melhor compreender a eficiência e os padrões do uso da água e analisar a diferença da capacidade hidráulica dos dois ecossistemas florestais.

METODOLOGIA

Caracterização da Área

O estudo foi realizado na área experimental da Reserva Biológica do Cuieiras - ZF2 (2 ° 36 ' 32,67 "S, 60 ° 12 ' 33,48" W) com ocorrência de vegetação Campinarana, localizada a 110 m acima do nível do mar, e na Reserva Biológica de Campina (2 ° 35 ' 30,26" S, 60 ° 01 ' 48,79" W) a 65 m acima do nível do mar, onde ocorre a vegetação de Campina. Ambas, são administradas pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia –INPA.

A Reserva Cuieiras está localizada a cerca de 70 km ao norte de Manaus – AM. A paisagem consiste em sedimentares não consolidadas camadas que são dissecadas por rios e riachos, criando um padrão de planaltos planos (90-130 m de altitude) e vales pantanosos (45-55 m de altitude), separados por encostas íngremes (Waterloo et al. 2006). A vegetação consiste em um mosaico de floresta perene com uma altura do dossel entre 35-40 m, com árvores emergentes com mais de 45 m de altura (Prance 1979), variando de planalto e declive florestas a ecótono da Campinarana e vale ou mata ciliar. Na Reserva Cuieiras as famílias que pertencem a área do vale são *Arecaceae*, *Caesalpiniaceae*, *Dichapetalaceae* e *Burseraceae*, seguidas da Campinarana, que contém *Caesalpiniaceae*, *Euphorbiaceae* e *Sapotaceae* (Zanchi et al. 2012).

A Reserva Cuieiras possui uma mata com declive acentuado e é composta por um mosaico de feições florísticas que respeitam as variações físicas, químicas e seus relevos, sendo as matas ciliares conhecidas como Baixio com uma transição para florestas de Campinaranas e

subsequentemente para as de florestas de vertente e de planaltos (Oliveira e Amaral 2004) 60 km ao norte de Manaus, os tipos de floresta consistem em floresta de charneca atrofiada (SHF), formada por um mosaico de ilhas arbustivas cercadas por solo de areia branca e nua, floresta de charneca alta (THF) e por floresta tropical perenifólia de planície (terra firme). A altura do dossel é de cerca de 4-7m para SHF, 10-18m para THF e 25-35m para floresta de terra-firme (Luizão et al. 2007).

A Reserva Campina possui solos de areia branca (Espodosolos) extremamente pobres em nutrientes com baixa riqueza de espécies e árvores de baixa estatura e arbustos que hospedam uma variedade de epífitas e líquenes vasculares (Anderson 1981). As espécies arbustivas e arbóreas consistem em *Ouratea spruceana* (Ochnaceae), *Pagamea duckei* (Rubiaceae), *Pradosia schomburgkiana* (Sapotaceae), *Adina heterophylla* (Caesalpiniaceae) (Anderson, 1981; Luizão, 1996; Luizão et al. 2007). Sendo que a maioria dos troncos pertencem a mesma espécie *Aldina heterophylla* (Macucu) (Rodrigues 2009).

A Campinarana se caracteriza por possuir uma fisionomia diferente da Campina, não somente pelo porte das árvores, mas também pelas condições edáficas. A formação do solo predominante em ambos os tipos de vegetações são Espodosolos, mas na Campinarana apresentam-se coberto por uma densa camada de serrapilheira e raízes muito desenvolvidas, com horizonte orgânico muito mais profundo que na Campina (Zanchi et al. 2015).

Segundo Prance, (1979) e Mendonça et al. (2015), as Campinaranas são ecossistemas que ocorrem nas áreas de clima úmido e solos arenosos, predominantemente hidromórficos da Amazônia. Caracterizam-se por uma paisagem marcante e suas fitofisionomias são influenciadas pelos ciclos sazonais e pelas variações nos níveis do lençol freático, em gradações fitofisionômicas associadas a diferentes níveis de hidromorfismo (Zanchi et al. 2015).

A influência do lençol freático na Campinarana é menor do que na Campina. Na Campina, nos períodos chuvosos, o lençol frequentemente atinge níveis superficiais e subsuperficiais,

enquanto na Campinarana eventualmente o lençol atinge a rizosfera. Floristicamente, a Campinarana tem mais afinidade florística com a floresta de terra firme do que com as Campinas, representando provavelmente um estágio intermediário na sucessão secundária sob substratos de solos arenosos (Ferreira 1997; Oliveira e Amaral 2004; Zanchi et al. 2011).

O clima da região é classificado como tropical úmido, com oito a nove meses chuvosos, e com seca sazonal entre junho e setembro. A temperatura média anual é de cerca de 25 ° C, com temperatura média mínima de 21 ° C e temperatura média máxima de 32° C (Zanchi et al. 2012; Elias e Vieira 2020). Em Manaus, cerca de 44 km da Reserva Campina, a precipitação média anual de longo prazo (1927-2007) somava 2.211 ± 310 mm (Satyamurty et al. 2010).

Determinação do Fluxo de Seiva

Para determinação do fluxo de seiva os dados foram coletados diariamente entre março de 2007 e março de 2008. Neste estudo, foram selecionadas duas parcelas amostrais, uma parcela da vegetação Campina e uma parcela da vegetação Campinarana. Em cada tipo de vegetação, foram selecionadas árvores mais representativas.

O método para medir o fluxo de seiva foi o descrito por Granier (1985), que utiliza sondas permanentemente aquecidas, instaladas nos troncos das árvores na altura do peito, inseridos de forma perpendicular no tronco a 2 cm de profundidade, onde se encontra o alburno das espécies estudadas, distando de forma vertical entre si, no máximo 10 cm (Zanchi et al. 2015).

O funcionamento do sistema se dá pelo aquecimento da sonda superior de forma constante com fornecimento de potência elétrica regulável entre 0,2 a 0,4 W e a inferior (sem aquecimento), mede a temperatura atual do tronco (seiva). Com isso, a diferença de potencial (Figura 1 a)) entre a sonda aquecida (superior) e a não aquecida (inferior) em cada instante é determinada pelo transporte convectivo de calor através da seiva. Assim, a máxima diferença

entre as duas sondas, significa que o fluxo de seiva é mínimo ou nulo, enquanto a mínima diferença, significa uma taxa máxima de fluxo de seiva desta área de transporte (Granier 1985).

Para este trabalho foram utilizados sensores construídos pela Universidade Livre de Amsterdã (VU-Universiteit), permitindo adaptá-los para diferentes tipos de plantas lenhosas. Cada sensor é constituído por duas sondas, uma com a dissipação térmica e outra que mede a temperatura do tronco. Para armazenar os dados coletados, foram utilizados data-loggers (21X e CR10x, Campbell Scientific, USA).

Para calcular o fluxo de seiva, inicialmente foi determinada a velocidade do fluxo de seiva (mm s^{-1}), utilizando a seguinte Equação 1:

$$V = 0,119 ((dT_{\text{max}} - dT_1)dT_1^{-1})^{1,231} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde,

dT_{max} = diferença máxima de temperatura entre dois pontos de medida

dT_1 = diferença de temperatura medida instantaneamente

Dessa forma, o fluxo de seiva (FS) foi calculado a partir da Equação 2:

$$FS = V(AS) \quad (\text{Equação 2})$$

Sendo,

AS = área efetiva do xilema (m^2).

A espessura do xilema de cada árvore, onde se encontra o alburno de cada planta, é medida levando em consideração o diâmetro na altura do peito (cm) de cada espécie, e a área total do tronco na altura do peito (m²) (Hölttä et al. 2015).

Para isso, desconsidera-se a casca da árvore, o floema e o cerne, neste caso, foram utilizados o *Increment borer* ou Verruma de *Pressler* para extrair a secção de madeira (Figura 1 b)) e assim a identificação precisa de cada indivíduo. A extração das amostras de cada árvore, foram feitas após o término do experimento, com isso evitamos a influência nas medidas por alguma doença ou mudança no fluxo de seiva devido a extração da amostra para cada árvore.

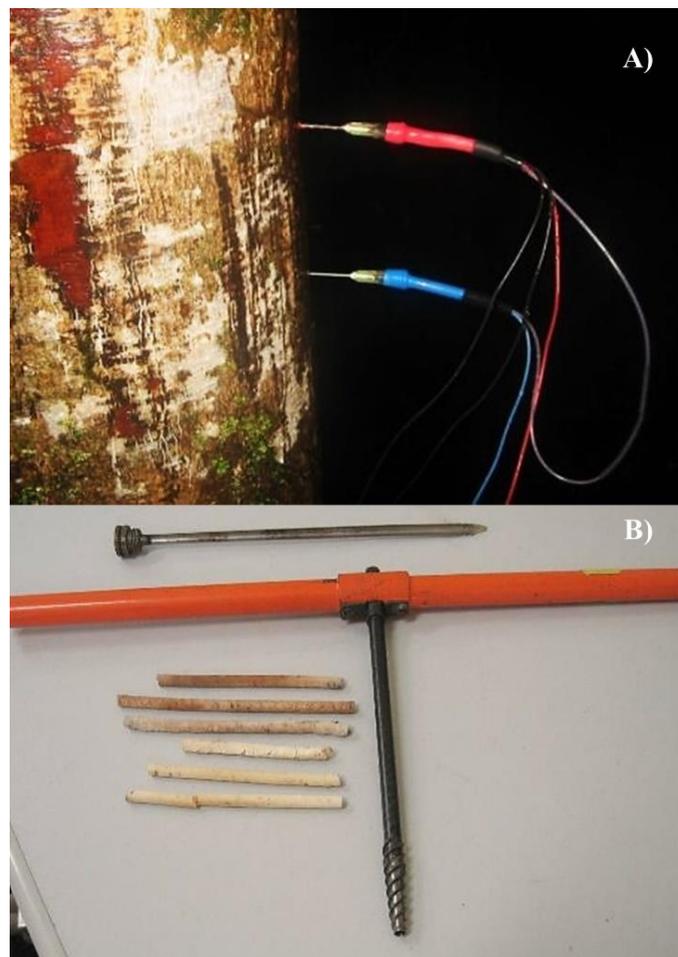


Figura 1. a) Sensores instalados nas árvores; b) Veruma de *Pressler* ou extrator de seção transversal usado para amostras do material lenhoso com algumas amostras retiradas de árvores do experimento para identificação do Alburno (Seiva bruta).

Então, para determinação da área efetiva do xilema, inicialmente desconsiderou-se a casca da árvore, conforme a seguinte equação:

$$D_1 = D - (C \times 2) \quad (\text{Equação 3})$$

em que:

D = diâmetro da árvore na altura do peito (cm).

C = a casca da árvore (cm).

Em seguida, o diâmetro da árvore na altura do peito foi novamente calculado considerando-se apenas a área ocupada pelo xilema:

$$D_2 = D - (X \times 2) \quad (\text{Equação 4})$$

em que:

X - distância radial do xilema do tronco da árvore, cm

A partir de então, a área do alburno na altura do peito (AS) foi calculada usando a diferença entre as duas áreas, conforme a Equação 5:

$$AS = A_1 - A_2 = \left(\frac{\pi \times D_1^2}{4} \right) - \left(\frac{\pi \times D_2^2}{4} \right) \quad (\text{Equação 5})$$

Área Basal

A Área Basal de uma Árvore (TBA) é a área da seção transversal na altura do peito (1,3 metros acima do solo) medida em metros quadrados (m²), comumente utilizada para estimar os

volumes das árvores (Reid e Stephen 1999). Dessa forma, foi determinada a área basal das árvores estudadas calculadas a partir das medições do diâmetro (D), conforme a seguinte equação:

$$\text{Área Basal} = \frac{\pi D^2}{40000} \quad (\text{Equação 6})$$

Já a Área Basal do Estande (SBA) é a área da seção transversal de todas as árvores na altura do peito por hectare de floresta ou plantação ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$). A área basal do estande é usada para estimar o volume e o grau de competição de um estande. O método mais preciso de avaliar a área basal de um grupo de árvores é medir todos os diâmetros das árvores em uma parcela, calcular as áreas basais das árvores individuais e, em seguida, somá-las (Reid; Stephen 1999), conforme a Equação 7:

$$SBA = \frac{\text{Soma da área basal de cada árvore da parcela}}{\text{Área do terreno (ha)}} \quad (\text{Equação 7})$$

Assim, conforme a equação demonstrada, para cada parcela da vegetação estudada, Campina e Campinarana foram determinadas suas áreas basais, e a partir desses valores, foi calculado a contribuição anual de fluxo de seiva para cada tipo de vegetação.

Na Tabela 1, encontram-se as espécies estudadas, os diâmetros na altura do peito (DAP) e área de alburno de cada uma das árvores das vegetações Campina e Campinarana.

Tabela 1. Características das espécies estudadas (Campina e Campinarana)

	Árvore	Família	Espécie	DAP (cm)	Alburno (cm ²)	Área Basal (m ²)
Campina	1	<i>Caesalpinia</i>	<i>Aldina heterophylla</i>	115	0,35	1,04
	2	<i>Caesalpinia</i>	<i>Aldina heterophylla</i>	20	0,37	0,03
	3	<i>Caesalpinia</i>	<i>Aldina heterophylla</i>	39	0,21	0,12
	4	<i>Sapotaceae</i>	<i>Pradosia shomburgkiana</i>	26	0,30	0,05
	5	<i>Sapotaceae</i>	<i>Pradosia shomburgkiana</i>	39	0,21	0,12
	6	<i>Sapotaceae</i>	<i>Pradosia shomburgkiana</i>	27	0,29	0,06
	7	<i>Sapotaceae</i>	<i>Manilkara bidentada</i>	49	0,17	0,19
	8	<i>Caesalpinia</i>	<i>Aldina heterophylla</i>	39	0,21	0,12
Campinarana	9	<i>Myristicaceae</i>	<i>Iryanthera laevis</i>	33	0,38	0,09
	10	<i>Bombacaceae</i>	<i>Rhodognaphalopsis duckeii</i>	30	0,49	0,07
	11	<i>Sapotaceae</i>	<i>Micropholis casiquiarensis</i>	62,5	0,11	0,31
	12	<i>Sapotaceae</i>	<i>Manilkara cavalcantei</i>	68	0,13	0,36

Na vegetação Campina foram selecionadas oito árvores, em cada árvore foram instalados dois sensores para determinação do fluxo de seiva, com exceção da árvore 1, que devido a quantidade elevada de galhos e seu diâmetro, e conseqüentemente para obter uma maior precisão na determinação do fluxo de seiva, foram instalados seis sensores. Já na vegetação Campinarana foram estudadas quatro espécies de árvores diferentes, e em cada árvore também foram instalados dois sensores de dissipação térmica.

Como vemos, as espécies escolhidas para cada área experimental, baseou-se na variação florística e fisionômica da vegetação Campina e Campinarana descrita em Ferreira (1997). De acordo com o autor, das catorze famílias amostradas na vegetação Campina, as duas famílias juntas, *Sapotaceae* e *Caesalpinia*, apresentaram maiores percentuais de densidade e dominância, com 78,9% e 80,5%, respectivamente. Além disso, as espécies *Pradosia shomburgkiana* e *Aldina heterophylla*, apresentaram os maiores percentuais de dominância, com 43% e 25,7%, respectivamente.

RESULTADOS

A média diária de fluxo de seiva para as duas feições florísticas estudadas, Campina e Campinarana, pode ser observado na Figura 2, notamos que os valores transpirados pela Campina foram cerca de 82,7% maiores que os valores emitidos pela floresta de Campinarana.

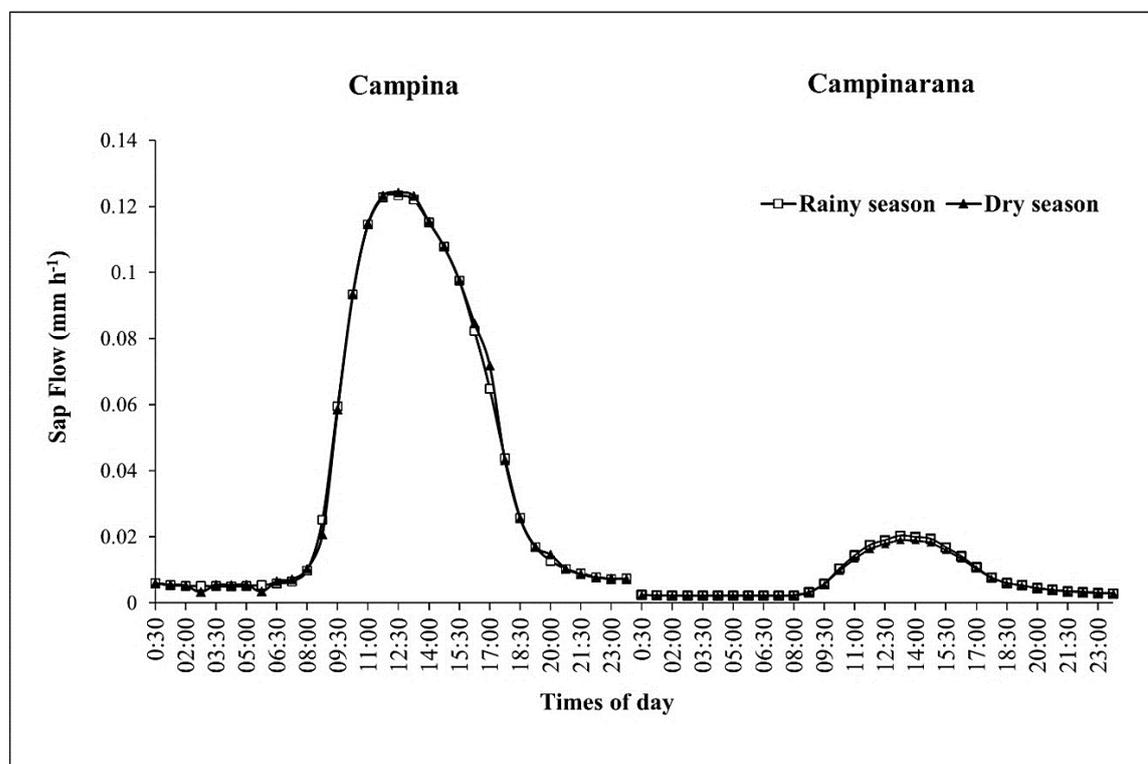


Figura 2. Média do fluxo de Seiva diário das árvores das vegetações Campina e Campinarana.

Observamos também que o fluxo de seiva ocorre logo após o amanhecer, com uma diferença no início da transpiração das duas áreas, a transpiração na vegetação Campina iniciou às 8h (oito horas), e na Campinarana às 9h (nove horas). Observamos também que, tanto na Campina como na Campinarana, o fluxo de seiva médio diminui ao entardecer entre 18h e 18h30, com picos máximos entre 11h40 e 13h10.

Considerando a variação sazonal do fluxo de seiva diário, notamos que tanto no período seco quanto no chuvoso, a Campina apresenta pico máximo às 12h30, já para a Campinarana, o pico máximo nos períodos seco e chuvoso ocorreu às 13h10.

Agora, ao analisarmos os valores máximos de transpiração de cada espécie, notamos que a espécie *Pradosia shomburgkiana*, representada pelas Árvores 4, 5 e 6 apresentaram, picos de fluxo de seiva igual a $0,10 \text{ mm } 40\text{min}^{-1}$ às 12h30; $0,07 \text{ mm } 40\text{min}^{-1}$ às 13h10 e $0,06 \text{ mm } 40\text{min}^{-1}$ às 11h40, respectivamente. Enquanto as árvores 4 e 6 seguem o mesmo padrão, a Árvore 5 possui os maiores valores de pico de fluxo de seiva na área de Campina.

A transpiração nas árvores 1, 2, 3 e 8 da vegetação Campina, apesar de pertencerem à mesma espécie *Aldina heterophylla*, apresentaram picos diferentes de fluxo de seiva (Figura 3).

A Árvore 7 de espécie *Manilkara bidentada*, apresentou menor área de alburno dentre as árvores estudadas na Campina, com pico de fluxo de seiva igual a $0,07 \text{ mm } 40\text{min}^{-1}$ às 11h40.

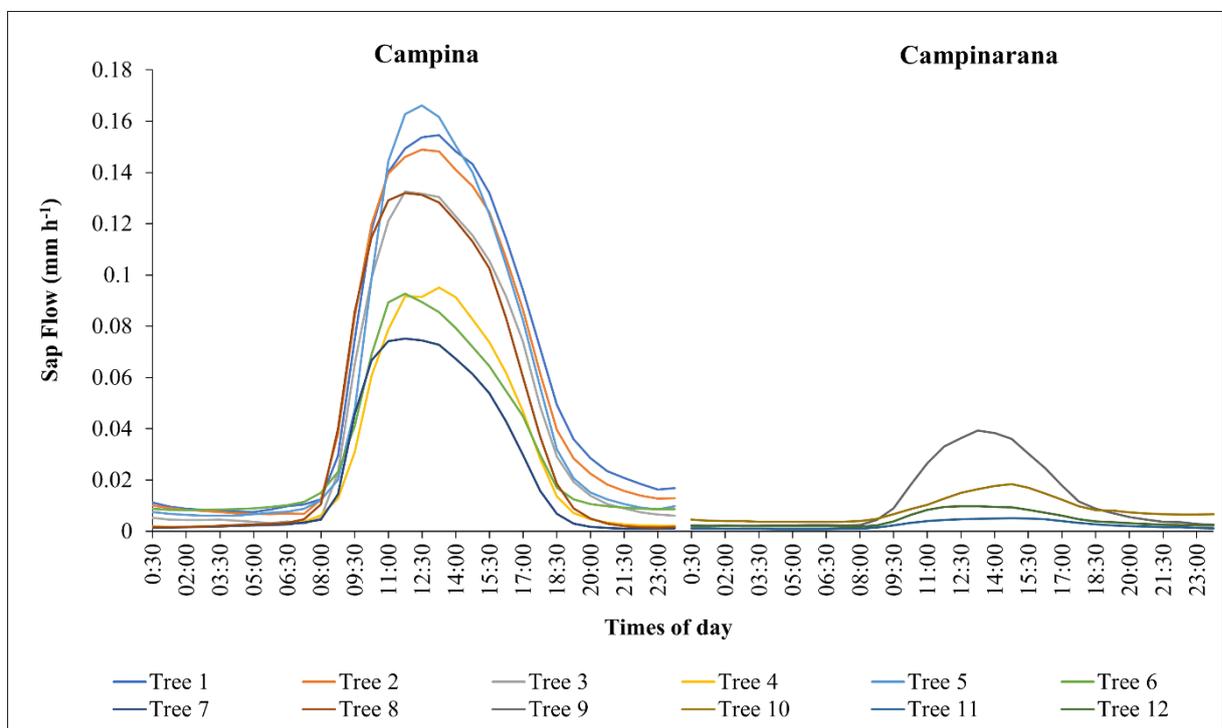


Figura 3. Fluxo diário médio de Seiva diário das árvores das vegetações Campina e Campinarana

Se tratando da vegetação de Campinarana, observa-se que o mesmo comportamento de progressão citado na vegetação de Campina, ocorre também na vegetação Campinarana.

Destaca-se ainda que, o pico de fluxo de seiva na vegetação Campinarana ocorreu na Árvore 9, *Iryanthera laevis*, com valor médio diário de fluxo de seiva igual a $0,04\text{mm}\cdot 10\text{min}^{-1}$ às 13h10.

A Árvore 10, *Rhodognaphalopsis duckei*, alcançou o pico de fluxo de seiva às 14h20. A espécie *Micropholis casiquiarensis*, Árvore 11, teve seu pico de fluxo de seiva também às 14h40. Já a espécie *Manilkara cavalcantei*, Árvore 12, apresentou pico de fluxo de seiva às 13h10.

A média mensal de fluxo de seiva da vegetação Campina e Campinarana pode ser observada na Tabela 2. A vegetação Campina, representada pelas nove árvores, obteve o menor valor de fluxo de seiva ocorrido no mês de maio, com $31,6\text{ mm mês}^{-1}$, o maior fluxo de seiva ocorreu no mês de novembro, o qual se refere ao período chuvoso da região. Já a média mensal da vegetação Campinarana, referente as 4 espécies de árvore estudadas, ao compararmos com a vegetação Campina, os maiores valores de fluxo de seiva, ocorreram em março de 2007 e março de 2008, com $40,3\text{ mm mês}^{-1}$ e $42,2\text{ mm mês}^{-1}$, respectivamente. Destaca-se ainda que, após o período seco, nos meses de setembro a dezembro a vegetação Campina apresentou valores muito próximos de transpiração, e relativamente menores quando comparamos com os valores encontrados para a Campinarana.

Tabela 2. Média mensal do fluxo de seiva das vegetações Campina e Campinarana

Mês/Ano	Fluxo de Seiva (mm mês^{-1})	
	Campina	Campinarana
mar/07	42,5	40,3
abr/07	32,3	31,9
mai/07	31,6	16,6
jun/07	34,6	25,1
jul/07	41,9	30,5
ago/07	37,6	31,2

set/07	43,0	35,2
out/07	43,1	39,3
nov/07	43,4	18,0
dez/07	38,4	20,7
jan/08	39,5	17,4
fev/08	39,2	20,9
mar/08	32,3	42,2

Considerando que o período seco da região ocorre entres os meses de junho e setembro, foi realizada a média do fluxo de seiva para cada período sazonal considerando o valor médio obtido em cada mês para as doze árvores estudadas, conforme podemos notar na Tabela 3. Através dos dados, percebe-se que na Campina os valores de fluxo de seiva no período seco e chuvoso foram similares. Já na Campinarana, durante o período seco percebe-se uma maior transpiração, visto que o valor obtido no período seco foi igual a 33,25 mm mês⁻¹, e no período chuvoso foi igual a 23,47 mm mês⁻¹.

Tabela 3. Dados do fluxo de seiva sazonal nas vegetações Campina e Campinarana

Estatística/ sítios	Fluxo de Seiva Campina (mm mês ⁻¹)			Fluxo de Seiva Campinarana (mm mês ⁻¹)		
	Chuvoso	Seco	Média anual	Chuvoso	Seco	Médio anual
Média	37,92	39,98	38,95	23,47	33,25	28,36
Desvio Padrão	12,56	11,64	12,03	9,75	27,79	18,64
Máximo	55,43	54,57	54,02	36,38	72,59	54,48
Mínimo	20,68	23,36	22,02	12,69	9,28	10,99
Coefficiente de Variação	33%	29%	31%	42%	84%	66%

Na Tabela 4, notamos a média da contribuição anual de fluxo de seiva de cada árvore estudada na vegetação Campina e na vegetação Campinarana.

Tabela 4. Fluxo de seiva anual da vegetação Campina e Campinarana

	Árvore	Fluxo de Seiva (mm ano ⁻¹)
Campina	1	682,60
	2	709,32
	3	369,42
	4	349,95
	5	624,58
	6	390,20
	7	279,53
	8	422,06
Campinarana	9	617,75
	10	172,11
	11	113,27
	12	255,33

A média anual de fluxo de seiva das árvores estudadas na vegetação Campina foi de 478,46 mm ano⁻¹, considerando que a área basal encontrada na vegetação Campina foi igual a 12 m² hectare⁻¹, tem-se que a contribuição média do fluxo de seiva foi igual a 5741,49 mm ano⁻¹ hectare⁻¹. Já a média anual de fluxo de seiva das árvores da vegetação Campinarana foi de 289,61 mm ano⁻¹, e área basal encontrada igual a 28,3 m² ha⁻¹, dessa forma, a média da contribuição anual de fluxo de seiva para esta vegetação foi de 8196,08 mm ano⁻¹ hectare⁻¹.

Considerando que o valor da Área Basal da vegetação Campinarana foi maior do que o da vegetação Campina, a Campinarana obteve maior transpiração anual (Figura 4).

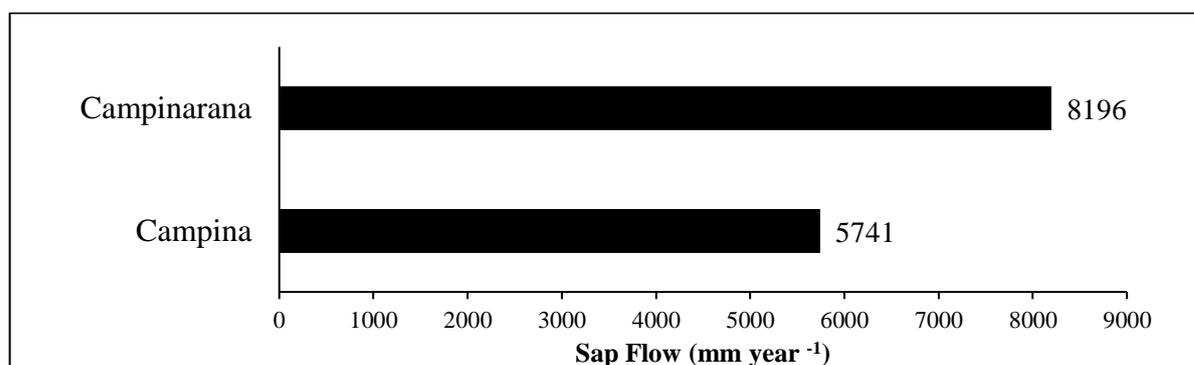


Figura 4. Fluxo de seiva anual as vegetações Campina e Campinarana.

DISCUSSÃO

Como vimos, as árvores da vegetação Campinarana apresentaram os menores valores diários de fluxo de seiva. Tal fator pode ser explicado devido a estrutura florística da Campina, a qual possui uma maior abertura do dossel, proporcionando uma maior transpiração diária das plantas (Ferreira 1997; Oliveira e Amaral 2004; Luizão 2007). De acordo com Oogathoo (2022), a transpiração das árvores depende do tipo de vegetação e da porcentagem da cobertura vegetal.

Observamos também que os valores de fluxo de seiva das vegetações Campina e Campinarana, aumentam logo após o amanhecer, Deng et al. (2021), diz que esse comportamento pode ser explicado, ao considerarmos que a planta começa a transpirar pela manhã, diminui no período da tarde e atinge quase zero a noite, que neste caso, depende da interação do dossel com as variáveis físicas de cada local. Além disso, fatores ambientais exercem influências contínuas sobre o fluxo de seiva, pois quando há o aumento do fluxo de seiva pela manhã, nota-se também o aumento da temperatura do ar, aumento do déficit de pressão de vapor e aumento da radiação fotossinteticamente ativa (Deng et al. 2021).

De acordo com Marengo et al. (2014), nas árvores da Amazônia o fluxo de seiva aumenta ao amanhecer seguindo o efeito da irradiância na abertura dos estômatos. Após atingir um máximo ao meio-dia, o fluxo de seiva diminui em paralelo com a diminuição do déficit de pressão de vapor.

Essa regulação temporal das aberturas estomáticas, abertas durante o dia e fechadas durante a noite, está relacionada a uma solução funcional das plantas, que tem a necessidade de limitar a perda de água pela folha durante a absorção do CO₂ quando há água em abundância. À noite, quando não há fotossíntese e, assim, não há demanda por CO₂ dentro da folha, as aberturas estomáticas mantêm-se pequenas ou fechadas, impedindo a perda de água. Pela manhã, a radiação solar incidente nas folhas, favorece a alta atividade fotossintética, aumenta a

demanda por CO₂ dentro das folhas, e as fendas estomáticas abrem-se amplamente, diminuindo a resistência estomática à difusão do CO₂ (Taiz et al. 2017).

Ao analisarmos os valores de fluxo de seiva das espécies estudadas, observamos que as árvores da mesma espécie *Aldina heterophylla*, apresentaram valores de fluxo de seiva distintos. Tal comportamento pode ser justificado pela quantidade de galhos, fato observado na Árvore 1 que possui maior quantidade de ramos, maior diâmetro e obteve valores de fluxo de seiva acima da Árvore 2, 3 e 8. Isso concorda com o que foi estudado por Rojas (2003), que utilizou o método de dissipação térmica para comparar as medidas de fluxo de seiva em áreas foliares diferentes, e os resultados da pesquisa demonstraram a sensibilidade do método em responder as alterações no tamanho da área foliar.

Observamos também que os valores variaram de espécie para espécie, no entanto, todas espécies estudadas seguem o mesmo padrão de transpiração diária o que difere, talvez seja a baixa turbulência e a maior competição por radiação que as florestas mais adensadas de Campinaranas têm em comparação com as áreas mais abertas de Campinas (Zanchi 2013).

As taxas de transpiração em escala de tempo horária são afetadas principalmente pelas condições meteorológicas, principalmente pela radiação solar incidente. A temperatura do ar em áreas sombreadas é menor do que em áreas abertas. Já a temperatura da superfície da folha é muito maior do que a temperatura do ar em áreas abertas. Como a temperatura do ar na copa e a temperatura da superfície da folha têm uma relação próxima com a transpiração da árvore, isso indica que o efeito a transpiração de uma árvore está principalmente ligado na redução da radiação solar incidente e indiretamente na redução da temperatura do ar (Zheng 2021).

Além disso, é importante destacar que outras variáveis estão relacionadas aos diferentes valores de fluxo de seiva, visto que fatores ambientais, como qualidade de luz, status hídrico foliar e concentração intracelular de CO₂, desencadeiam uma série de respostas que resultam

na abertura da fenda estomática. Além disso, há um conflito inerente entre a necessidade de uma planta de absorver CO₂ e sua necessidade de conservar água, resultante da perda de água e entrada de CO₂ pelas mesmas fendas. Para lidar com esse conflito, as plantas desenvolveram adaptações para controlar a perda de água pelas folhas e para repor a água perdida (Taiz et al. 2017).

A transpiração das plantas e o consumo de água estão intimamente relacionados às suas características fisiológicas, além disso, flutuações nos fatores meteorológicos e no abastecimento de água impactam o fluxo de seiva do tronco da planta. A radiação solar, déficit de pressão de vapor do ar (VPD), temperatura do ar, precipitação, umidade relativa do ar, velocidade do vento e temperatura do solo são os principais fatores meteorológicos que induzem mudanças instantâneas no fluxo de seiva do tronco (Deng et al. 2021).

No período de março de 2007 até março de 2008 (366 dias), a precipitação da vegetação Campina foi de 3.054 mm, ou 8,3 mm d⁻¹. Foram 80 dias secos, 181 dias chuvosos com precipitação diária inferior a 10 mm, 78 dias com precipitação entre 10 mm e 50 mm, e 10 dias com precipitação superior a 50 mm. O máximo diário da precipitação foi observado em agosto de 2007 e atingiu 97 mm. A estação chuvosa em 2007 foi mais intensa de março a maio, e nesse período, ocorreram apenas cinco dias secos e nenhum no mês de abril. Durante a estação seca, um período bastante úmido ocorreu nos meses de julho e agosto. Tem-se ainda que, os períodos mais secos ocorreram de setembro a novembro de 2007, com 96 mm, 131 mm e 124 mm, respectivamente. Durante o período estudado o maior valor de precipitação ocorreu no mês de fevereiro de 2008, que foi igual a 464 mm (Zanchi 2013).

Zanchi (2013), também encontrou a evapotranspiração real (ET) na floresta Campina, que totalizou 1532 mm (4,2 mm dia⁻¹). A perda de interceptação da chuva constituiu 41% da ET total em 1,7 mm dia⁻¹ e a evaporação do dossel seco totalizou 2,5 mm dia⁻¹, dessa forma, as taxas de transpiração das medições de fluxo de seiva foram consideravelmente mais baixas

do que a evapotranspiração seca. Além disso, o sensor de umidade foliar indicou uma umidade média da superfície de $13,7 \text{ h dia}^{-1}$, e uma umidade diurna (8h–18h) do dossel de $3,5 \text{ h dia}^{-1}$. No entanto, este efeito pode ter sido parcialmente compensado pela falta de estresse hídrico, pois o solo abaixo de uma profundidade de 0,1 m permaneceu acima da capacidade de campo durante todo o período de estudo.

Até o momento, não há informações disponíveis sobre a taxa de evapotranspiração da floresta Campinarana, havendo uma necessidade de medições de evapotranspiração de longo prazo para avaliar o impacto do estresse hídrico.

Notamos que na vegetação Campina, os valores de fluxo de seiva aumentaram consideravelmente no mês de junho, que é considerado o início do período seco na região, nesse mesmo mês a precipitação atingiu 315 mm. Os meses mais secos durante o período estudado foram outubro e novembro de 2007, com 13 e 14 dias secos. (Zanchi 2013). Em contrapartida, os maiores fluxos de seiva da vegetação Campina, ocorreram em outubro e novembro, com fluxo de seiva iguais a 43,1 mm e 43,4 mm, respectivamente. Após esse período, houve uma queda gradativa de fluxo de seiva, que segundo Zanchi (2013), isto pode ter ocorrido devido o retorno do período chuvoso na região, essa redução da transpiração causa uma diminuição na condutância estomática, e a energia disponível no sistema é utilizada para evaporar a água disponível no ambiente.

Várias razões podem explicar a alta taxa de uso de água durante a estação chuvosa, de acordo com Wu et al. (2021) a mais provável refere-se ao aumento do déficit de pressão de vapor em locais úmidos, resultando em maior condutância estomática e escape adicional de moléculas de água das folhas das plantas para formar a transpiração.

Ainda, é importante destacar, que as espécies existentes na Campina e na Campinarana são caracterizadas por apresentarem adaptações morfológicas e fisiológicas que as permitem se desenvolver mesmo sob condições de estresse hídrico. Durante o período seco, quando a

Campinarana está sujeita à escassez hídrica, a presença de serrapilheira torna esses ecossistemas vulneráveis a incêndios. Dessa forma, muitas espécies apresentam adaptações ao fogo, como folhas coriáceas, cutículas espessas, tricomas bem desenvolvidos, estômatos crípticos, lenho muito duro e colmo coberto por folhas velhas que protegem os meristemas (Mendonça 2011; Guimarães e Bueno 2016). Sendo assim, podemos entender que tais adaptações e diferentes estratégias de uso da água podem influenciar na condutância estomática das árvores.

Para além de uma menor quantidade de água disponível no ambiente, pode-se afirmar que outro fator que pode corroborar com uma maior transpiração no período seco da Campinarana, deve-se ao fato das árvores terem acesso a um lençol freático raso, típico da Campinarana (Cuartas 2012), além disso, no período seco há menos incidência de chuva, as folhas estão mais secas e conseqüentemente promove uma maior transpiração, aumentando assim a condutância estomática.

Na Campina, devido a relativa planicidade da área, o solo arenoso – altamente permeável – e o lençol freático relativamente profundo (2–4 m abaixo da superfície) favorecem a infiltração e impedem a geração de fluxos terrestres mesmo durante os períodos de chuvas mais intensos, a vazão do córrego durante a estação seca foi de 173 mm, ou 36% do total anual (Zanchi 2013).

Em relação aos valores anuais de fluxo de seiva encontrados, notamos que a vegetação Campinarana apresentou maior transpiração do que a vegetação Campina. Segundo Luizão et al. (2007) e Zanchi et al. (2012), a Reserva Campina é considerada mais seca do que a Reserva Cuieiras, devido a maior abertura da mata, tornando a temperatura do ar mais alta. Além disso, a Reserva Campina possui uma cobertura de dossel menos homogênea, formada por pequenas ilhas de arbustos, permitindo que mais vento e calor entrem no sub-bosque, aumentando a evaporação da água do solo e da vegetação.

Os valores de transpiração encontrados na Campina e Campinarana são considerados baixos em relação a outras paisagens florestais da Amazônia Central em outros períodos, um fator que pode ter contribuído refere-se à precipitação acima do normal neste ano, que pode ter suprimido a transpiração, quando o dossel permaneceu molhado por longos períodos durante o dia (Zanchi 2013).

CONCLUSÕES

Através das medidas de transpiração obtidas, pôde-se entender o comportamento de cada espécie estudada nos dois tipos de vegetação e para o recorte espaço temporalmente delimitados, pode-se concluir:

- Padrões diferenciados de fluxo de seiva diários entre as vegetações Campina e Campinarana foram observados independente da estação do ano;
- Padrões similares de fluxo de seiva mensais para campina independentemente da estação do ano.
- Padrões diferenciados de fluxo de seiva mensais para Campinarana ocorrem em função da estação anual. Na estação chuvosa, contata-se uma redução no fluxo de seiva indicando relação de dependência.
- Padrões similares de fluxo de seiva diário entre espécies dentro da mesma formação.
- Baseado no fluxo de seiva anual, infere-se que a formação Campinarana possui uma maior contribuição na “perda de água para atmosfera” comparativamente a formação Campina.

Por fim, visto que as Campinas e Campinaranas são ambientes distintos e importantes para biodiversidade da Amazônia e que contribuem para funcionamento do ciclo hidrológico, podemos evidenciar que os valores de transpiração, trouxeram informações importantes sobre os mecanismos de uso da água dessas vegetações, além disso, tais resultados podem auxiliar

outras pesquisas, visto que ainda há poucas informações relacionadas ao uso da água sobre ambos os tipos de vegetações.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Fundação de Apoio à Pesquisa e à Extensão (FAPEX), pelo suporte financeiro. Ao Programa de Pós-Graduação de Ciências e Tecnologias Ambientais (PPGCTA) da Universidade Federal do Sul da Bahia e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia.

REFERÊNCIAS

Anderson, A.B. 1981. White-sand vegetation of Brazilian Amazonia. *Biotropica*, 13: 199-210.

Braga, P.I.S. 1979. Subdivisão fitogeográfica, tipos de vegetação, conservação e inventário florístico da Floresta Amazônica. *Acta Amazonica*, 9: 53-80.

Braun, S.; Schindler, C.; Leuzinger, S. 2010. Use of sap flow measurements to validate stomatal functions for mature beech (*Fagus sylvatica*) in view of ozone uptake calculations. *Environmental Pollution*, 158: 2954-2963.

Cuartas, L.A.; Tomasella, J.; Nobre, A.D.; Nobre, C.A.; Hodnett, M.G.; Waterloo, M.J.; *et al.* 2012. Distributed hydrological modeling of a micro-scale rainforest watershed in Amazonia: Model evaluation and advances in calibration using the new HAND terrain model, *Journal of Hydrology*, 462: 15-27.

Deng, Y.; Wu, S.; Ke, J.; Zhu, A. 2021. Effects of meteorological factors and groundwater depths on plant sap flow velocities in karst critical zone. *Science of The Total Environment*, 781: 146764.

Elias, P.S.; Vieira, D.L.M. 2020. Growth and survival of Campinarana seedlings subject to drought and flooding: implications for ecological restoration. *Plant Ecol*, 221: 459-474.

Ferreira, C.A.C. 1997. *Variação Florística e Fisionômica da Vegetação de Transição Campina, Campinarana e Floresta de Terra Firme na Amazônia Central. Manaus (AM)*. 1997. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 112p.

- Ferreira, C.A.C. 2009. *Análise comparativa do ecossistema campina na Amazônia brasileira*. 2009. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 274p.
- Ferreira, L.V.; Chaves, P.P.; Cunha, D.A.; Rosário, A.S.; Parolin, P. 2013. A extração ilegal de areia como causa do desaparecimento de Campinas e Campinaranas no estado do Pará, Brasil. *Instituto Anchieta de Pesquisas*, 64: 157-173.
- Granier, A. 1985. Une nouvelle method pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. *Annales des Sciences Forestières*, 42:193-200.
- Guimarães, F.S.; Bueno, G.T. 2016. As campinas e campinaranas amazônicas. *Caderno de Geografia*, 26: 113-133.
- Hölttä, T.; Linkosalo, T.; Riikonen, A.; Sevanto, S.; Nikinmaa, E. 2015. An analysis of Granier sap flow method, its sensitivity to heat storage and a new approach to improve its time dynamics. *Agricultural and Forest Meteorology*, 211: 2-12.
- Junior, O.B.P.; Vourlitis, G.L.; Sanches, L.; Dalmagro, H.J.; Lobo, FA; Nogueira, J.S. 2013. Transpiração pelo método da sonda de dissipação térmica em floresta de transição Amazônica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17: 268–274.
- Luizão, F.J.; Luizão, R.C.C.; Proctor, J. 2007. Soil acidity and nutrient deficiency in central Amazonian heath forest soils. *Plant Ecology*, 192: 209-224.
- Marengo, R.A.; Antezana-Vera, S.A.; Gouvêa, P.R.S.; Camargo, M.A.B.; Oliveira, M.F.; Santos, J.K.S. 2014. Fisiologia de espécies florestais da Amazônia: fotossíntese, respiração e relações hídricas. *Revista Ceres*, 61: 786-799.
- Mendonça, A.F.M. 2011. *Campinaranas Amazônicas pedogênese e relações solo-vegetação*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 122p.
- Mendonça, B.A.F.; Filho, E.I.F.; Schaefer, C.E.G.R.; Simas, F.N.B.; Paula, M.D. 2015. Os solos das Campinaranas na Amazônia brasileira: ecossistemas arenícolas oligotróficos. *Ciência Florestal*, 25: 827-839.

- Muñoz-Villers, L.E.; Holwerda, F.; Alvarado-Barrientos, M.S.; Geissert, D.R.; Dawson, T.E. 2018. Reduced dry season transpiration is coupled with shallow soil water use in tropical montane forest trees. *Oecologia*, 188: 303–317.
- Nadezhdina, N.; David, JS; Pinto, C.A.; David, T.S. 2020. Root sap flow as a tool to establish hydrological thresholds for plant growth and survival. *Agricultural Water Management*, 241: 106388.
- Oliveira, A.; Amaral, N.I.L. 2004. Florística e fitossociologia de uma floresta de vertente na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, 1: 21–34.
- Oogathoo, S.; Houle, D.; Duchesne, L., Kneeshaw, D. 2022. Tree transpiration well simulated by the Canadian Land Surface Scheme (CLASS) but not during drought. *Journal of Hydrology*, 604: 127196.
- Pires, J.M. 1973. *Tipos de vegetação da Amazônia*. v.20. O museu Goeldi no ano do sesquicentenário, Belém, Pará, p. 179-202.
- Prance, G.T. 1979. Notes on the vegetation of amazonia iii: The terminology of amazonian forest types subject o inundation. *Brittonia*, 31: 26-38.
- Reid, R.; Stephen, P. 1999. *The Farmer's Log 1999*. Universidade de Melbourne, Melbourne, 128p.
- Richards, P.W. 1996. *The tropical rain forest: An ecological study*. 2nd. Cambridge University Press, 600p.
- Rodrigues, J.V.F.C. 2009. *Ecofisiologia de Aldina heterophylla Spruce Ex Benth em um gradiente vegetacional da Amazônia Central*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 99p.
- Rojas, J.S.D. 2003. *Avaliação do uso do fluxo de seiva e da variação do diâmetro do caule e de ramos na determinação das condições hídricas e de citros, com base para o manejo de irrigação*. Tese de Doutorado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, São Paulo. 110p.

- Rojas, J.S.D.; Righi, C.A.; Karasawa, S.; Angelocci, L.R.; Bernardes, M.S.; Folegatti, M.V. 2006. Desempenho do método de dissipação térmica na medida do fluxo de seiva em seringueira. *Engenharia Agrícola*, 26: 722-729.
- Satyamurty, P.; Castro, A.A.; Tota, J.; Silva, L.E.; Manzi, A.O. 2010. Rainfall trends in the Brazilian Amazon Basin in the past eight decades. *Theoretical and Applied Climatology*, 1: 139–148.
- Song, L.; Zhu, J.; Zheng, X.; Wang, K.; Lü, L.; Zhang, X.; Hao, G. 2020. Transpiration and canopy conductance dynamics of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* in its natural range and in an introduced region in the sandy plains of Northern China. *Agricultural and Forest Meteorology*, 281: 107830.
- Taiz, L.; Zeiger, E.; Møller, I.M.; Murphy, A. 2017. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6th ed. Artmed, Porto Alegre, 888p.
- Waterloo, M.J.; Oliveira, S.M.; Drucker, D.P.; Nobre, A.D.; Cuartas, L.A.; Hodnett, M.G.; *et al.* 2006. Export of organic carbon in run-off from an Amazonian rainforest blackwater catchment. *Hydrological Processes*, 20: 2581-2597.
- Wu, Z.E.; Behzad, H.M.; He, Q.; Wu, C.; Bai, Y.; Jiang, Y. 2021. Seasonal transpiration dynamics of evergreen *Ligustrum lucidum* linked with water source and water-use strategy in a limestone karst area, southwest China. *Journal of Hydrology*, 597: 126199.
- Zanchi, F.B.; Waterloo, M.J.; Tapia, A.P.; Alvarado-Barrientos, M.S.; Bolson, M.A.; Luizão, F.J.; Manzi, A.O.; Dolman, A.J. 2015. Water balance, nutrient and carbon export from a heathforest catchment in central Amazonia, Brazil. *Hydrol*, 29: 3633–3648.
- Zanchi, F.B.; Waterloo, M.J.; Dolman, A.J.; Groenendijk, M.; Kesselmeier, J.; Kruijt, B.; Bolson, M.A.; Luizão, F.J.; Manzi, A. 2011. Influence of drainage status on soil and water chemistry, litter decomposition and soil respiration in central Amazonian forests on sandy soils. *Ambi-Água*, 6: 6–29.

Zanchi, F.B.; Waterloo, M.J.; Kruijt, B.; Kesselmeier, J.; Luizão, F.J.; Dolman, A.J. 2012. Dolman. Soil CO₂ efflux in central amazonia: Environmental and methodological effects. *Acta Amazonica*, 42: 178–184.

Zanchi, F.B. 2013. *Vulnerability to drought and soil carbon exchange of valley forest in Central Amazonia (Brazil)*. Dissertação de Doutorado, Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam. 178p.

Zheng, S.; Guldmann, J.M.; Wang Z., Qiu, Z.; He, C.; Wang, K. 2021. Experimental and theoretical study of urban tree instantaneous and hourly transpiration rates and their cooling effect in hot and humid area. *Sustainable Cities and Society*, 68: 102808.