

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

GUSTAVO HENRIQUE MIGUEL DA CRUZ

**EVAPOTRANSPIRAÇÃO NO BIOMA CERRADO E FLORESTA PLANTADA
DE EUCALIPTO**

CHAPADÃO DO SUL – MS

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

GUSTAVO HENRIQUE MIGUEL DA CRUZ

**EVAPOTRANSPIRAÇÃO NO BIOMA CERRADO E FLORESTA PLANTADA
DE EUCALIPTO**

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Gava

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

CHAPADÃO DO SUL – MS

2020



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

04/12/2020

SEI/UFMS - 2261637 - Certificado



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

DISCENTE: Gustavo Henrique Miguel da Cruz

ORIENTADOR: Dr. Ricardo Gava

TÍTULO: Evapotranspiração no bioma cerrado e floresta plantada de eucalipto

AVALIADORES:

Prof. Dr. Presidente Ricardo Gava

Prof. Dr. Fabio Henrique Rojo Baio

Prof. Dr. Job Teixeira de Oliveira

Chapadão do Sul, 04 de dezembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Fabio Henrique Rojo Baio, Professor do Magisterio Superior**, em 04/12/2020, às 16:24, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Gava, Professor do Magisterio Superior**, em 04/12/2020, às 16:40, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Job Teixeira de Oliveira, Usuário Externo**, em 04/12/2020, às 16:47, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?

[acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **2261637** e o código CRC **8A8857B9**.

DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente a DEUS, que tenha me dado força para enfrentar os obstáculos do dia a dia e à minha família em especial minha mãe Cristina Miguel da Cruz e meu pai Antônio Donizete da Cruz, que sempre me incentivaram a correr a atrás dos meus sonhos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ricardo Gava pelo companheirismo e humildade em ajudar. Também à instituição Universidade Federal de Mato Grosso do Sul pelo apoio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter realizado esse grande sonho e por todas as coisas que aconteceram comigo até hoje.

A minha família minha mãe Cristina Miguel da Cruz meu pai Antônio Donizete da Cruz e minha irmã Daiane Miguel da Cruz.

Agradeço imensamente a todos os colaboradores que auxiliaram para a condução desse projeto principalmente meu orientador Prof. Dr. Ricardo Gava, pela honra de ter sido seu orientado, tendo em vista um excelente professor, pelo seu grau de conhecimento e compromisso por ter me dado conhecimento e sabedoria a mim e meu amigo Carlos Roberto por ter me auxiliado nesse projeto e ao Grupo de Pesquisa em Viabilidade Econômica se Irrigação (GPV&I).

Agradeço a todos meus amigos pelo apoio que me deram durante o período que estive na universidade.

Agradeço a Capes pelo apoio financeiro durante esses anos de estudo e a UFMS pela hora de poder ter estudado em um de seus Campus e a todos que direto e indiretamente participaram da minha breve passagem pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

EPIGRAFE

**“O sucesso não consiste em não errar, mas em não cometer os mesmos equívocos
mais de uma vez” (George Benard Sham).**

LISTA DE TABELAS
CAPÍTULO – EVAPOTRANSPIRAÇÃO DO BIOMA CERRADO E
FLORESTAS PLANTADAS

Tabela 1- Descrição das bandas do produto MOD16A2.....	14
Tabela 2. Análise de variância para cobertura (cerrado e eucalipto) e período (chuvoso e seco) em função da Evapotranspiração (ET) mm.....	16
Tabela 3. Análise de variância para cobertura (cerrado e eucalipto) e período (chuvoso e seco) em função do Calor Latente (LE) $W m^{-2}$	18

LISTA DE FIGURAS
CAPÍTULO – EVAPOTRANSPIRAÇÃO DO BIOMA CERRADO E
FLORESTAS PLANTADAS

Figura 1. Vegetação Cerrado stricto sensu	11
Figura 2. <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden.	12
Figura 3. Localização da área de estudo cerrado e eucalipto.	13
Figura 4. Componentes principais entre as variáveis evapotranspiração cerrado período chuvoso (ET_CPC), evapotranspiração eucalipto período chuvoso (ET_EPC), evapotranspiração cerrado período seco (ET_CPS), evapotranspiração do eucalipto período seco (ET_EPS) em função dos anos 2012 a 2015.	19
Figura 5. Regime hídrico anual (mm) no bioma cerrado e eucalipto, entre 2012 e 2015.	20

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DO BIOMA CERRADO E FLORESTA PLANTADA DE EUCALIPTO

RESUMO: Áreas de cerrado estão sendo substituídas por monoculturas principalmente eucalipto. Essas duas coberturas tem um papel importante no ciclo hidrológico, que é fornecer vapor de água para atmosfera pela evapotranspiração (ET). O objetivo deste trabalho foi monitorar e diferenciar a Evapotranspiração no Bioma Cerrado e na Floresta Plantada. A área de estudo está localizada em Chapadão do Sul – MS, sendo composta por talhões Cerrado *Stricto Senso* e *Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden*. As imagens foram adquiridas no GEE (*Google Earth Engine*), referente aos meses de novembro, janeiro e março (período chuvoso) e maio, julho, setembro (período seco) nos anos 2012 à 2015, através do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), onde está abordo do satélite TERRA. O produto MOD16A2 é baseado no cálculo da evapotranspiração (ET) na equação de Penman-Monteith, que fornece os dados calculados de evapotranspiração (ET) e calor latente (LE). Os valores foram extraídos no ArcGIS 10.5 e submetidos análise de variância pelo Teste F, seguindo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e análise estatística multivariada por componentes principais. O teste de média a evapotranspiração (ET) o bioma cerrado apresentou maior média, mas não diferenciou do eucalipto e no período seco eucalipto apresentou maior média ET e o cerrado menor valor ET, o calor latente (LE) apresentou o mesmo comportamento da evapotranspiração (ET). Não teve diferença de Evapotranspiração do bioma cerrado e floresta plantada no período chuvoso por conta da disponibilidade hídrica no ambiente. No período seco o eucalipto apresentou maior taxa de evapotranspiração comparado com cerrado.

Palavras-chave: déficit hídrico, transpiração, água, imagem.

EVAPOTRANSPIRATION IN THE CERRADO BIOME AND EUCALYPTUS PLANTED FOREST

ABSTRACT: With the transition from the savanna biome to planted forest, these two coverings play an important role in the hydrological cycle, supplying water vapor to the atmosphere through evapotranspiration (ET). The objective of this work was to monitor and differentiate Evapotranspiration in the Savana and Planted Forest Biomes. The study area is located in Chapadão do Sul - MS, and consists of plots Savana Stricto Senso and Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden. The images were acquired in GEE (Google Earth Engine), for the months of November, January and March (rainy season) and May, July, September (dry season) in the years 2012 to 2015, through the MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)), where it is on board the TERRA satellite. For the calculation of evapotranspiration (ET) the product MOD16A2 was used, based on the Penman-Monteith equation, which provides the calculated data of evapotranspiration (ET) and latent heat (LE). The values were extracted in ArcGIS 10.5 and submitted to analysis of variance by Test F, followed by Tukey's test at 5% probability and multivariate statistical analysis by main components. The average evapotranspiration (ET) test showed that the savanna biome had the highest average, but did not differ from the eucalyptus and in the dry period eucalyptus presented the highest average ET and the savanna the lowest ET value, the latent heat (LE) presented the same behavior as evapotranspiration (ET). There was no difference in Evapotranspiration from the savanna biome and planted forest in the rainy season due to water availability in the environment. In the dry period, eucalyptus showed a higher rate of evapotranspiration compared to the savanna.

Keywords: water deficit, transpiration, water, images.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
MATERIAL E MÉTODOS.....	10
Área de estudo.....	10
Aquisição e processamento de imagens	13
Análises estatísticas.....	16
RESULTADO E DISCUSSÃO	16
CONCLUSÃO	17
REFERÊNCIA	21

INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado possui uma grande biodiversidade e transformações de uso e cobertura do solo, distribuído em 2 milhões de km² em 11 unidades da federação. Esse bioma tem uma grande importância, em atuar no fornecimento de vapor de água para atmosfera, pela evapotranspiração, que controla a circulação de massas de ar e na formação de chuvas (ESTRABIS et al., 2019).

Além disso o Brasil apresenta atualmente 5,7 milhões de hectares de eucalipto plantado. Deste total 16% está plantado no estado de Mato Grosso do Sul que é destinado na produção de papel e celulose principal atividade de renda econômica do estado. O cerrado e áreas degradadas na região estão sendo substituídas por monoculturas principalmente eucalipto, por ser uma espécie que apresenta rápido crescimento e adaptabilidade às condições edafoclimáticas da região (IBÁ, 2019).

Para o desenvolvimento do Bioma Cerrado e Floresta Plantada o fator mais importante é água que está relacionada com processos fisiológicos e bioquímicos da planta. Para entender essa dinâmica do ciclo hidrológico, um dos parâmetros importantes é a evapotranspiração que engloba processos de evaporação da água da superfície do solo e transpiração pelas plantas (ZHAO et al., 2019)

Com isso a evapotranspiração é um componente importante, nas classificações climáticas, quantificação das disponibilidades hídricas regionais e no dimensionamento de sistemas e manejo de água de irrigação (Souza et al., 2014). Ela pode ser definida por métodos diretos indicam maior precisão e são levemente mais caros, e métodos indiretos constituem em fórmulas empíricas que combina diferentes elementos meteorológicos (TRIGO et al., 2018).

Atualmente a maneira mais efetiva de captar a variabilidade espacial e temporal da evapotranspiração é a partir de imagens por sensoriamento remoto (FISHER et al., 2017). Portanto os principais sistemas sensoriamento remoto aplicado para estudo dos recursos da terra tem diferentes meios, conforme o objetivo da missão e são capazes de representar a evapotranspiração em diversas escalas espaciais e temporais (KIM et al., 2012; HU et al., 2015).

Dentre esses produtos de Evapotranspiração existentes pode-se citar MOD16 (MU et al., 2011). Usado para calcular o balanço regional de água e energia que fornece informações importantes para a gestão dos recursos hídricos, que combina dados do sensoriamento remoto

com dados meteorológicos para estimar a evapotranspiração global baseado na equação de Penman-Monteith (MU et al., 2011).

Este produto proveniente do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), foi desenvolvido pelo NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) para atender diferentes campos: oceano, terra e atmosfera. Este sensor está a bordo do satélite TERRA programa EOS (*Earth Observing System*), que é capaz de adquirir imagens em tempo real (BRIAN, 2020).

Portanto este estudo objetivou monitorar e mensurar a Evapotranspiração no Bioma Cerrado e na Floresta Plantada de Eucalipto.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo:

O presente trabalho foi conduzido em uma área pertencente à Fazenda Pantanal (SLC Agrícola), no município de Chapadão do Sul – MS, (18°47'39''S, 52°37'22''W, altitude de 820m). O clima da região é tipo Aw, segundo a classificação de Köppen (tropical quente e úmido com chuvas no verão), a precipitação média anual é de 1800mm.

A área de estudo é constituída por vegetação Cerrado sentido restrito (*stricto sensu*), com cobertura arbórea e arbustivo aberto, troncos tortuosos, folhas rígidas, proporciona uma cobertura de 10 a 60%, e maioria das espécies são mais baixas que 12 m de altura e com relevo acidentado (Figura 1). Este ainda pode ser dividido como Cerrado Denso, Típico e Ralo, variando a densidade arbórea (RIBEIRO e WALTER, 2008). Essas espécies possuem um sistema radicular bem desenvolvido, que são capazes de buscar água de solos mais profundos e drenar a água para reservatórios subterrâneos (LAHSEN et al., 2016).



Figura 1. Vegetação Cerrado stricto sensu

O Eucalipto é um gênero de plantas pertencentes à família Myrtaceae que reúne mais de seiscentas espécies. As principais características dessa espécie apresentam um rápido crescimento, adaptabilidade ao clima tropical, raízes bem desenvolvidas (MYBURG et al., 2007).

A fazenda possui uma área destinada ao plantio de Eucalipto, as espécies presentes são *Eucalyptus urograndis*, *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, são destinadas para geração de energia. Foram avaliados 3 talhões de eucalipto com a espécie *Eucalyptus grandis*, plantados em espaçamento 3,0 x 2,5 com a mesma idade (Figura 2) e o solo das duas coberturas é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (SANTOS, 2018).



Figura 2. *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.

Foram distribuídos 38 pontos nas áreas, onde está localizado as espécies *Eucalyptus grandis* e nas áreas de cerrado para estimar a evapotranspiração como pode ser observado (Figura 3).

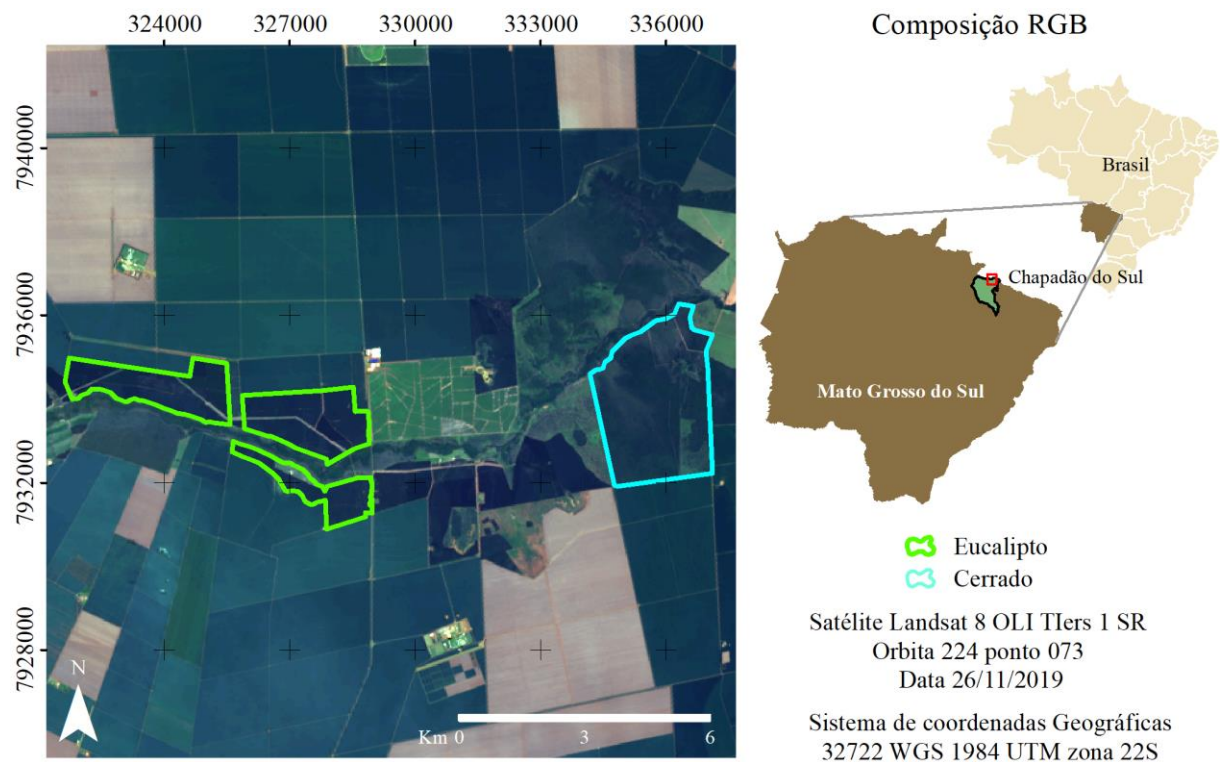


Figura 3. Localização da área de estudo cerrado e eucalipto.

Aquisição e processamento de imagens:

Para este estudo foram utilizados dados obtidos através do produto de evapotranspiração MOD16A2, do período de 2012 a 2015, sendo considerado os meses de novembro, janeiro e março como período chuvoso e de maio, julho e setembro período seco. Foram utilizados no trabalho os dados de evapotranspiração (ET) e calor latente (CL).

Esse produto encontra-se no sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), se encontra nos dois satélites TERRA e o AQUA do programa EOS (*Earth Observing System*), para monitoramento da cobertura vegetal e uso da terra. O sensor fornece alta sensibilidade radiométrica (12 bits) em 36 bandas espectrais distribuídas entre o visível e o infravermelho termal que variam em comprimento de onda de 0,4 μm a 14,4 μm .

Além deste produto o sensor MODIS fornece também outros produtos de reanálise de entrada de conjunto de dados meteorológicos diários globais MERRA de reanálise e dos dados MODIS: produto da cobertura da Terra (MOD12Q1); Índice de área foliar / fração radiação fotossinteticamente ativa LAI / FPAR (MOD15), Albedo (MOD43A2/A3) (MU et al., 2011).

O produto MOD16A2 é a parte integrante do projeto NASA (*Earth Observing System*) e tem como objetivo principal estimar a evapotranspiração da superfície com base em dados de sensoriamento remoto (MU et al., 2007). Esse produto é gerado com resolução espacial de um km para período de oito dias produzido com resolução de pixel de 500 (m), os quais representam os valores de ET acumulados no período. O produto ainda informa os valores calor latente (LE) para período. Na Tabela 1 consta a descrição do produto MOD16A2.

Tabela 1- Descrição das bandas do produto MOD16A2.

Nome	Unidades	Descrição
ET ¹	mm 8dias ⁻¹	Evapotranspiração total
LE ²	J m ⁻² dia ⁻¹	Fluxo médio de calor latente
PET ³	mm 8dias ⁻¹	Evapotranspiração potencial total
PLE ⁴	J m ⁻² dia ⁻¹	Fluxo de calor latente potencial médio
ET_QC ⁵		Sinalizadores de controle de qualidade de evapotranspiração

O algoritmo usado para coleta de produto de dados MOD16 é baseado na lógica da equação de Penman-Monteith, eficiente em diversos locais e em condições climáticas (MEDINA et al., 2018).

A equação de Penman Monteith é considerado o método para cálculo da evapotranspiração (ET), a partir do estudo publicado pela FAO 56 – *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, e por envolver maior números de variáveis climáticas como: a radiação solar, temperatura do ar, velocidade do vento e umidade relativa do ar (ALLEN et al., 1998).

A evapotranspiração real diária (ETc) é obtida a partir do fluxo de calor latente (LE), que é calculado como resíduo do balanço de energia à superfície:

$$LE = R_n - G - H \quad (1)$$

Em que: R_n (W m⁻²) é o saldo de radiação; G (W m⁻²) é o fluxo de calor no solo; e H (W m⁻²) é o de fluxo de calor sensível. Determinou-se o R_n em cada pixel da área de estudo, conforme a equação (Allen et al., 2007):

$$R_n = R_{s,inst} (1-a) + \epsilon R_{o1,atm} - R_{o1,emi} \quad (2)$$

Em que: $R_{s,inst}$ ($W m^{-2}$) é a radiação solar instantânea; a (adimensional) é o albedo da superfície; $R_{ol,atm}$ ($W m^{-2}$) é a radiação de onda longa emitida pela atmosfera na direção da superfície; $R_{ol,emi}$ ($W m^{-2}$) é a radiação de onda longa emitida pela superfície; ϵ (adimensional) é a emissividade da superfície (SILVA et al., 2005).

Já o fluxo de calor no solo (G), é obtido por meio (BASTIAANSEN, 2000):

$$G = [T_{sup}(0,0038 + 0,0074^a) (1-0,981VDN^4)] R_n \quad (3)$$

Em que: T_{sup} ($^{\circ}C$) é a temperatura da superfície; a (adimensional) é o albedo; $IVDN$ (adimensional) é o índice de vegetação da diferença normalizada; e R_n ($W m^{-2}$) é o saldo de radiação em cada pixel da imagem (SILVA et al., 2005).

Os valores do fluxo de calor sensível (H) foram estimados com base na velocidade do vento e na diferença da temperatura do ar (dt) de acordo com (ALLEN et al., 2007).

$$H = p \times c_p(dT/r_{ah}) \quad (4)$$

Em que: p ($kg m^{-3}$) é a densidade do ar atmosférico; c_p ($kJ Kg^{-1} K^{-1}$) é o calor específico do ar á pressão constante; e r_{ah} ($s m^{-1}$) é a resistência aerodinâmica ao transporte de calor sensível; dT considera a diferença linear entre temperatura do ar e a temperatura da superfície, ou seja: $dT = a + b T_{sup}$, em que as constante de calibração a e b a sua determinação requerem identificação de dois pixel de referência que representa as condições de extremas de temperatura e umidade, denominados pixel quente e frio (BASTIAANSEN, 2000).

Os valores de evapotranspiração real diária (ETr) foram obtidos a partir de extrapolação do valor instantâneo do LE (equação 1), por meio da equação (BEZERRA et al., 2008).

$$ETr = 0,035(LE/R_n - G) [(1-a)R_{s,24h} - 123T_{oc,24}] \quad (5)$$

Em que: $R_{s,24h}$ é a radiação solar global diária ($W m^{-2}$); $T_{oc,24}$ (adimensional) é a transmissividade atmosférica média diária; e $0,035$ é o fator de conversão de $W m^{-2}$ para mm por dia.

Para processar este produto utilizamos imagens através da plataforma GEE (*Google Earth Engine*), fornece um repositório de banco de imagens proveniente de diferentes satélites. Através deste recurso, foi importada as imagens do período de 2012 a 2015.

A partir dessas imagens, foi selecionado pixels nas áreas de cerrado e eucalipto distribuindo 38 pontos nas áreas de cobertura. Com isso, foi extraído os valores de evapotranspiração e calor latente na tabela de atributos do ARCGIS 10.5. Desta forma, foi proporcionada visualização dos dados e processamentos das imagens.

Análises estatísticas:

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, seguindo-se da aplicação do teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para a comparação das médias e análise de componentes principais para identificar a associação entre os tratamentos e a variável avaliada. As análises foram realizadas utilizando -se o programa Rbio (BHERING, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, verificou – se que no período chuvoso o bioma cerrado apresentou maior média de ET 4,29 mm, mas não difere do eucalipto apresentou ET 4,27 mm.

Tabela 2. Análise de variância para cobertura (cerrado e eucalipto) e período (chuvoso e seco) em função da Evapotranspiração (ET) mm.

	Cerrado	Eucalipto
Chuvoso	4,29 aA	4,27 aA
Seco	2,36 bB	3,23 aB
	Teste F	
Cobertura (C)	45,45*	
Período (P)	578,03*	
C*P	51,39*	
CV (%)	3,49	

Médias seguidas por letras minúsculas na linha e letras maiúsculas na coluna diferem entre si (Tukey $p \leq 0.05$). ^{ns} e * correspondem, a não significativo e significativo ao nível de probabilidade $p \leq 0.05$ pelo teste F, respectivamente. CV: Coeficiente de variação.

A provável explicação para este comportamento pode estar relacionada com as características da vegetação, disponibilidade de água no solo, porosidade do solo, arquitetura da planta e a distribuição de suas raízes.

Outros autores relatam que no período chuvoso a floresta nativa permite maior captação de água da chuva devido ao seu índice de área foliar ser maior do que uma floresta de

eucalipto (REZENDE et al. 2011). Ou seja, isso deve ser pelo fato de que o cerrado apresenta várias espécies diferentes no seu bioma do que uma floresta de eucalipto.

De acordo com Rezende et al. (2011), da água que é precipitada uma parte fica retida no dossel das árvores, que vai sofrer processo de evaporação para atmosfera, e outra parte cai no solo. Uma pequena quantidade de água fica na superfície que vai ser absorvida pelas raízes e vai sofrer um processo de transpiração pelas folhas. A parte restante, infiltra e vai abastecer o lençol freático.

Valores semelhantes de ET foram encontrados por Angelini et al. (2017), que encontraram valores entre 1,4 mm d⁻¹ e 4,5 mm d⁻¹ em área de Cerrado Stricto Sensu, respectivamente assim como Araújo et al. (2015), que obtiveram um comportamento semelhante no bioma Cerrado, com valores superiores no período chuvoso e inferiores no período seco. Isso pode ser observado nos resultados no período chuvoso cerrado apresentou ET de 4,29 mm e no período seco ET de 2,36 mm.

No período seco o eucalipto apresentou maior média de ET de 3,23 mm do que o cerrado ET 2,36 mm. Observa-se que nesse período algumas espécies do cerrado, perdem as suas folhas devido ao estresse hídrico, ao contrário das florestas plantadas que apresentam maiores índices foliares no período seco. Outros autores observaram no período de estiagem as florestas nativas perdem a sua cobertura vegetal devido déficit hídrico, resultando na diminuição da evapotranspiração (Biudes et al., 2015).

O bioma cerrado e eucalipto teve mesmo comportamento de evapotranspiração, no período chuvoso e período seco. Cerrado com ET 4,29 mm no período chuvoso e período seco ET 2,36 mm. Eucalipto com ET 4,27 mm no período chuvoso e período seco ET 3,23 mm. Outros autores, corroboram com este estudo e observaram maiores taxas evapotranspiração no período úmido e menores no período seco devido a disponibilidade de água (FURQUIM et al., 2020).

Pode-se observar na Tabela 3 que o calor latente (LE) teve o mesmo comportamento da evapotranspiração na tabela anterior.

Tabela 3. Análise de variância para cobertura (cerrado e eucalipto) e período (chuvoso e seco) em função do Calor Latente (LE) $W m^{-2}$.

	Cerrado	Eucalipto
Chuvoso	1048,78 aA	1041,37 aA
Seco	579,17 bB	791,51 aB
	Teste F	
Cobertura (C)	47,29*	
Período (P)	582,93*	
C*P	54,38*	
CV (%)	3,44	

Médias seguidas por letras minúsculas na linha e letras maiúsculas na coluna diferem entre si (Tukey $p \leq 0.05$). ^{ns} e * correspondem, a não significativo e significativo ao nível de probabilidade $p \leq 0.05$ pelo teste F, respectivamente. CV: Coeficiente de variação.

Este comportamento está relacionado com a evaporação do solo e transpiração das folhas. Verificou-se que no período chuvoso o bioma cerrado apresentou maior média de LE $1048,78 W m^{-2}$, mas não difere do eucalipto que apresentou LE $1041,37 W m^{-2}$. No período chuvoso aumenta a disponibilidade hídrica do ambiente, favorecendo a energia fornecida pela radiação solar para transformar água líquida em vapor d'água. Outros autores observaram que com a presença de água no ambiente o calor latente (LE) foi elevado (VELOSO et al., 2020). Durante período chuvoso tem a maior taxa de calor latente (LE) devido a disponibilidade de água no solo (PRIANTE FILHO et al., 2004).

Houve diferença significativa no período seco, entre as áreas de cerrado e eucalipto. O eucalipto no período seco foi $791,51 W m^{-2}$, maior do que no cerrado $579,17 W m^{-2}$. A queda na quantidade de água disponível e do índice de área foliar consequentemente diminui o fluxo de calor latente (LE) (BASTABLE et al., 1993).

O período seco tem menor disponibilidade de água no ambiente e consequentemente vai sofrer uma diminuição na taxa de calor latente (LE). As espécies do cerrado têm uma característica específica que a perda de folhas durante período de seco fazendo com que as plantas buscam água nas camadas mais profundas do solo.

O Bioma cerrado e eucalipto teve diferença entre os períodos chuvoso e seco, que apresentaram maiores médias durante o período chuvoso com $1048,78 W m^{-2}$ e $1041,37 W m^{-2}$, devido a presença de água no ambiente. No período seco $579,17 W m^{-2}$ e $791,51 W m^{-2}$, consequentemente baixa disponibilidade água no ambiente.

A análise de componentes principais foi utilizada para verificar a contribuição de cada variável se tem associação com meus tratamentos (Figura 4). Para representação dos scores em gráfico bidimensional é necessário que a porcentagem da variância retida seja superior a 80 % (MINGOTI, 2015). Neste estudo, as variâncias acumuladas nas duas principais variáveis dos componentes principais foram de 86 %, respectivamente, possibilitando sua interpretação de forma precisa.

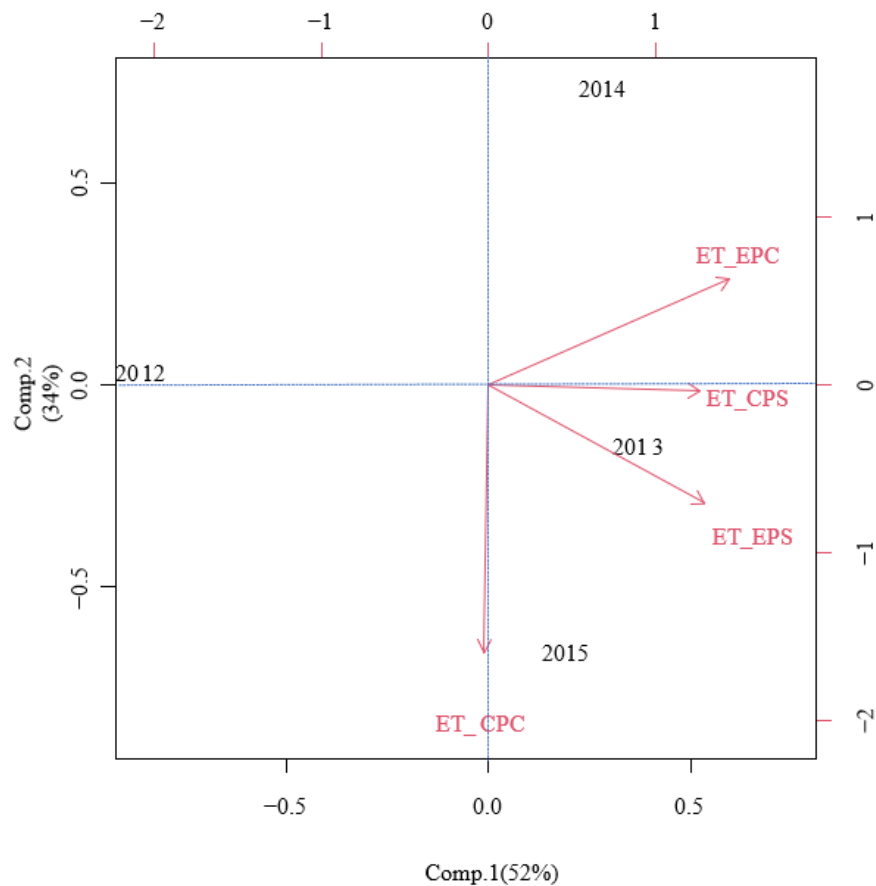


Figura 4. Componentes principais entre as variáveis evapotranspiração cerrado período chuvoso (ET_CPC), evapotranspiração eucalipto período chuvoso (ET_EPC), evapotranspiração cerrado período seco (ET_CPS), evapotranspiração do eucalipto período seco (ET_EPS) em função dos anos 2012 a 2015.

Podemos observar a variável evapotranspiração do cerrado no período chuvoso (ET_CPC) o tratamento do ano 2015 é o que está mais perto deste vetor, quer dizer que tem uma similaridade entres os dois, porém a evapotranspiração do cerrado no período chuvoso

contribuiu mais para essa similaridade. Para explicar essa associação na (Figura 5) mostra regime hídrico anual (mm) no bioma cerrado e eucalipto, entre 2012 e 2015.

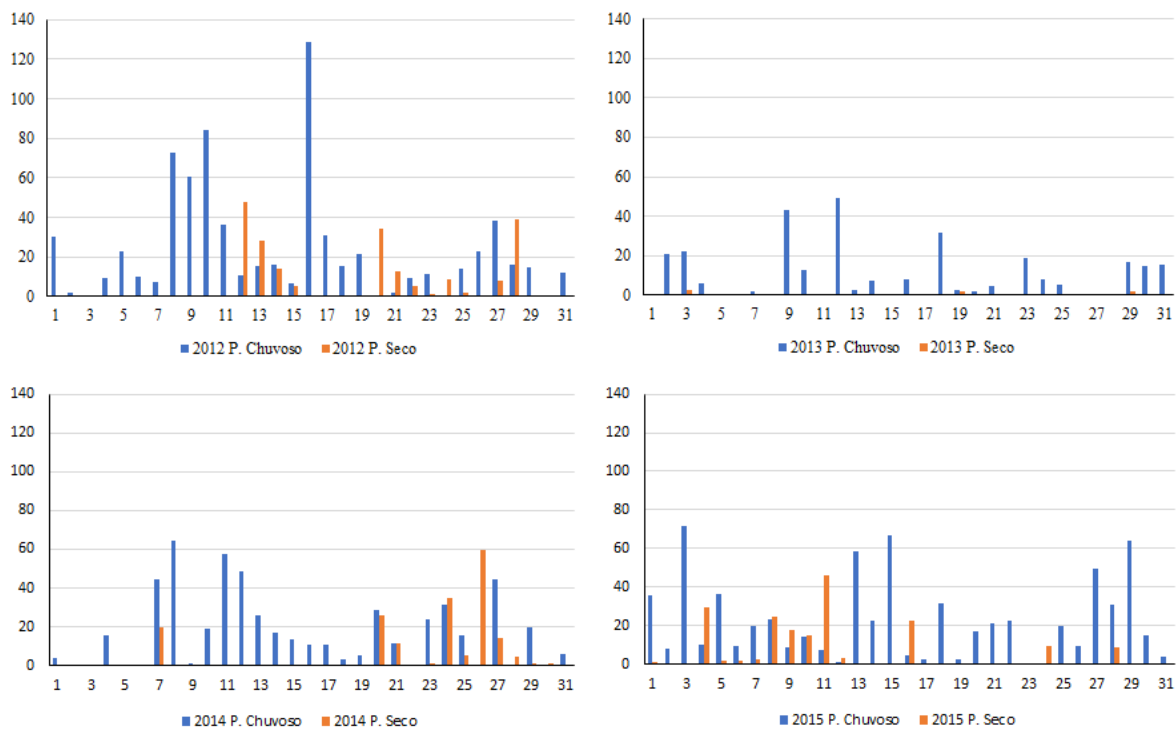


Figura 5. Regime hídrico anual (mm) no bioma cerrado e eucalipto, no período seco e chuvoso entre os anos 2012 à 2015.

Pode observar no gráfico no ano 2015 que o regime hídrico está bem distribuído, ou seja essa precipitação favoreceu o bioma cerrado devido ela possuir raízes profundas bem distribuídas no solo, arquitetura foliar e espécies diferentes.

Na evapotranspiração do eucalipto no período seco (ET_EPS), o tratamento do ano 2013 contribuiu mais para essa diferenciação dos demais. Observamos que no ano 2013 teve baixa precipitação no período seco, ou seja, a taxa de evapotranspiração foi maior no eucalipto do que no cerrado. Nesse período o eucalipto tem um hábito de buscar água nas camadas mais profundas do solo favorecendo a evaporação e a transpiração para atmosfera. E o cerrado também tem o hábito de buscar água nas camadas mais profundas mais nesse período a cultura tem um hábito de perder suas folhas devido ao déficit hídrico e consequentemente diminui a sua taxa de transpiração. O ano de 2014 teve mais associação com a variável evapotranspiração do eucalipto no período chuvoso. O ano de 2012 não houve diferença com as variáveis, ou seja, o bioma cerrado e o eucalipto não diferenciou na taxa de

evapotranspiração, ou seja, quando tem disponibilidade hídrica no solo as duas coberturas têm um comportamento idênticos como já vimos antes na tabela interior no período chuvoso.

CONCLUSÃO

Não teve diferença de Evapotranspiração do bioma cerrado e floresta plantada no período chuvoso por conta da disponibilidade hídrica no ambiente. No período seco o eucalipto apresentou maior taxa de evapotranspiração comparado com cerrado.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements. **FAO Irrigation and drainage**, v.56, p.333, 1998.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. **Irrigação e drenagem**, n. 56, p. 300, Itália, 1998.
- ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) – model. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 133, n. 4, p. 380-394. 2007.
- ANGELINI, L. P.; SILVA, P. C. B. S.; FAUSTO, M. A.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Balanço de energia nas condições de mudanças de uso do solo na região Sul do Estado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.32, n.3, 2017. DOI.org/10.1590/0102-77863230003.
- ARAUJO, M. L. S. DE.; SANTOS, J. R. N.; FEITOSA, F. E. C. S.; SANTOS, J. D. DOS.; SILVA, V. A. R.; ALMEIDA, J. L.; RIBEIRO, C. V.; SILVA, F.B. Caracterização espaço-temporal dos componentes do balanço de radiação e calor na região de transição Amazônia – Cerrado. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.24, 2015.
- BASTABLE, H. G.; SHUTTLEWORTH, W.J.; DALLAROSA, R. L. G.; FISCH, G.; NOBRE, C. A. Observations of climate, albedo and surface radiation over cleared and undisturbed Amazon Forest. **International Journal of Climatology**, v. 13, p. 783-796, 1993.
- BASTIAANSEN, W. G. M. Sebal-based sensible and latente heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. **Journal of hidrology**, v. 229, n. 1-2, p. 87-100, 2000.

BEZERRA, B. G.; SILVA, B. da; FERREIRA, N. J. Estimativa da evapotranspiração real diária utilizando-se imagens digitais TM-Landsat 5. **Revista brasileira de Meteorologia**, v. 23, n. 3, p. 305-317, 2008.

BHERING, L. L. Rbio: Atoll for Biometric and Statistical Analysis Using the R platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.17, p. 187-190, 2017.

BIUDES, M. S.; VOURLITIS, G. L.; MACHADO, N. G.; ARRUDA, P. H. Z.; NEVES, G. A. R.; ALMEIDA, L. Patterns of energy Exchange for tropical ecosystems across a climate gradiente in Mato Grosso, Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 202, p. 112-124, 2015.

BRIAN, D. National Aeronáutica e Espacial. **NASA**, Washington, 2020.

ESTRABIS, N. V.; JUNIOR, J. M.; PISTORI, H. Mapeamento da Vegetação Nativa do Cerrado na Região de Três Lagoas – MS com o *Google Earth Engine*. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.71, n.3, p. 702-725, 2019.

FISHER, J. B.; MELTON, F.; MIDDLETON, E.; HAIN, C.; ANDERSON, M.; ALLEN, R.; MCCABE, M. F.; HOOK, S.; BALDOCCHI, D.; TOWNSEND, P. A.; KILLIC, A.; TU, K.; MIRALLES, D. D.; PERRET, J.; LAGOUARDE, J. P.; WALISER, D.; PURDY, A.; FRENCH, A.; SCHIMEL, D.; FAMIELIETTI, J. S.; STEPHENS, G.; WOOD, E. F. The future of evapotranspiration: Global requirements for ecosystem functioning, carbono and climate feedbacks, agricultural management, and water resources. **Water resour**, v. 53, p. 2618-2626, 2017.

HU, G.; JIA, L.; MENENTI, M. Comparison of MOD 16 and LSA-SAF MSG evapotranspiration products over Europe for 2011. **Science Direct**, v.56, p. 510-526, 2015.

IBÁ - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Brasília: IBÁ, 2019. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>. Acesso em: 01 de março de 2020.

KIM, H. W.; HWANG, K. Q.; LEE, S. O.; CHOI, M. Validation of MODIS16 global terrestrial evapotranspiration products in various climates and land cover types in Asia. **KSCE Journal of civil enineering**, v. 16, p. 229-238, 2012.

LAHSEN, M.; BUSTAMANTE, M. M. C.; DALLA, N.E.L. Underevaluating and overexploiting the Brazilian Cerrado at our Peril. **Environment: Science and Policy for Sustainable Development**, v.58, n.6, p. 4-15, 2016.

MEDINA, H.; TIAN, D.; SRIVASTAVA, P.; PELOSI, A.; CHIRICO, G. B. Medium-range reference evapotranspiration forecasts for the contiguous United States baseado n multi-model numerical weather predictions. **Journal of hydrology**, v. 562, p. 502-517, 2018.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: Uma abordagem aplicada**. 1. Ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005. 295 p.

MU, Q.; HEINSCH, F.A.; ZHAO, M.; RUNNING, S.W. Development of a global evapotranspiration algorithm based on MODIS and global meteorology data. **Remote Sensing of Environment**, v.4, p. 519-536, 2007.

MU, Q.; ZHAO, M.; RUNNING, S. W. Melhorias em um algoritmo de evapotranspiração terrestre global MODIS. **Remote Sensing of Environment**, v.8, p. 1781-1800, 2011.

MYBURG, A. A.; POTTS, B. M.; MARQUES, C. M.; KIRST, M; GION, J. M.; GRATTAPAGLIA, D.; PETTENATTI, J. G. Eucalyptus. **Forest Trees**, v. 7, p. 115-160, 2007.

PRIANTE FILHO, N.; VOURLITIS, G. L.; HAYASHI, M. M. S.; NOGUEIRA, J. S.; CAMPELO JÚNIOR, J. H.; NUNES, P. C.; SOUZA, L. S.; COUTO, E. G.; HOEGER, W.; RAITER, F.; TRIENWEILER, J. L.; MIRANDA, E. J.; PRIANTE, P. C.; FRITZEN, C. L.; LACERDA, M.; PEREIRA, L. C.; BIUDES, M. S.; SULI, G. S.; SHIRAIWA, S.; PAULO, S. R.; SILVEIRA, M. Comparison of the mass and energy Exchange of a pasture and a mature transitional forest of the Southern Amazon Basin during a seasonal transition. **Global change Biology**, v. 10, p. 863-876, 2004.

REZENDE, L. V. B.; CAMELLO, T. C. F.; REBELO, L.P. O Eucalipto resseca o solo? Mito ou verdade? **Revista Internacional de Ciências**. v.1, n.1, 2011.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. **Cerrado: ecologia e flora**. v.1, p. 151-212, 2008.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. Ed. Rio de Janeiro, RJ: p. 356, 2018.

SILVA, B. B.; LOPES, G. M.; AZEVEDO, P. V. Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5 – TM. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n. 2, p. 243-252, 2005.

SOUZA, J. M.; PEREIRA, L. R.; RAFAEL, A. M.; SILVA, L D.; REIS, E. F.; BONOMO, R. Comparison of methods for estimating reference evapotranspiration in two locations of Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 8, n. 2, p. 114-126, 2014.

TRIGO, I. F.; BRUIN, H. DE.; BEYRICH, F.; BOSVELD, F. C.; GAVILÁN, P.; GROH, J.; LÓPEZ-URREA, R. Validation of reference evapotranspiration from Meteosat Second Generation (MSG) observations. **Agricultural and forest meteorology**, v. 259, p. 271-285, 2018.

VELOSO, G. A.; SILVA, L. A. P. DA.; FERREIRA, M. E. Análise do balanço de radiação e energia em áreas de veredas no Norte de Minas Gerais, bioma Cerrado. **Revista Cerrados**, v.18, n.1, p. 220-247, 2020.

ZHAO, T.; WANG, Q. J.; SCHEPEN, A. A Bayesian modelling approach to forecasting short-term reference crop evapotranspiration from GCM outputs. **Agricultural and forest meteorology**, Amsterdam, v. 269-270, p. 88-101, 2019.