

## **Relação entre variáveis climáticas e o uso de cobertura do solo na Bacia hidrográfica do Alto Juruá**

**Relation between climatic variables and land cover use in the Alto Juruá watershed**

**Relación entre las variables climáticas y el uso de la cobertura del suelo en la cuenca del Alto Juruá**

Recebido: 30/06/2022 | Revisado: 18/07/2022 | Aceito: 23/07/2022 | Publicado: 29/07/2022

### **Adenilson de Souza Morais**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0799-0129>  
Universidade Federal do Acre, Brasil  
E-mail: [adenilsonmorais46@gmail.com](mailto:adenilsonmorais46@gmail.com)

### **Jefferson Vieira José**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1384-0888>  
Universidade Federal do Acre, Brasil  
E-mail: [jfvieira@hotmail.com.br](mailto:jfvieira@hotmail.com.br)

### **Lívia Braz Pereira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0915-8501>  
Universidade Federal do Acre, Brasil  
E-mail: [lbraz6368@gmail.com](mailto:lbraz6368@gmail.com)

### **Timóteo Herculino da Silva Barros**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1242-9889>  
Universidade de São Paulo, Brasil  
E-mail: <https://timoteo@usp.br>

### **Kelly Nascimento Leite**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1919-9745>  
Universidade Federal do Acre, Brasil  
E-mail: [kellyleite14@hotmail.com](mailto:kellyleite14@hotmail.com)

### **Hugo Motta Ferreira Leite**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7524-0127>  
Universidade Federal do Acre, Brasil  
E-mail: [hugo.ufac@gmail.com](mailto:hugo.ufac@gmail.com)

### **Resumo**

O uso de ferramentas geotecnologias têm contribuído na compreensão da dinâmica espacial das variáveis climáticas e uso do solo de uma bacia hidrográfica. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a dinâmica da temperatura da superfície, precipitação pluvial e evapotranspiração, e sua relação com uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do Alto Juruá. Utilizou-se a plataforma Google Earth Engine (GEE) para processamento de dados e, através da ferramenta Code Editor, foi possível programar e executar uma rotina para avaliar a temperatura da superfície, precipitação pluvial, evapotranspiração, uso e cobertura do solo e altitude. As temperaturas médias da superfície (24,13°C) sofrem aumento no mês de julho e decréscimo no mês de setembro. A temperatura média anual é de 24,68°C e os anos de 2010 e 2016 foram os mais quentes dentro da série estudada. As médias mensais de precipitação são de 182 mm sendo os meses de junho, julho e agosto os meses com menos chuvas. A média anual de precipitação foi de 1982 mm. As temperaturas de superfície mais elevadas estão concentradas no centro urbano da bacia hidrográfica do Alto Juruá, observando-se expansão ao longo dos anos coincidindo com a expansão de área de pastagens.

**Palavras-chave:** Geotecnologia; Dinâmica climática; Temperaturas da superfície.

### **Abstract**

The use of geotechnology tools has contributed to the understanding of the spatial dynamics of climatic variables and land use in a watershed. This study aimed to evaluate the dynamics of surface temperature, rainfall and evapotranspiration, and their relationship with land use and land cover in the Alto Juruá watershed. The Google Earth Engine (GEE) platform was used for data processing and, through the Code Editor tool, it was possible to program and run a routine to assess surface temperature, rainfall, evapotranspiration, use and land cover and altitude. The average surface temperatures (24.13°C) increase in the month of July and decrease in the month of September. The average annual temperature is 24.68°C and the years 2010 and 2016 were the hottest within the studied series. Monthly rainfall averages are 182 mm, with the months of June, July and August being the months with less rain. The average annual rainfall was 1982 mm. The highest surface temperatures are concentrated in the urban center of the

Alto Juruá hydrographic basin, with expansion observed over the years coinciding with the expansion of the pasture area.

**Keywords:** Geotechnology; Climate dynamics; Surface temperatures.

### Resumen

El uso de herramientas geotecnológicas ha contribuido a la comprensión de la dinámica espacial de las variables climáticas y el uso del suelo en una cuenca. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la dinámica de la temperatura superficial, la lluvia y la evapotranspiración, y su relación con el uso y cobertura del suelo en la cuenca del Alto Juruá. Para el procesamiento de datos se utilizó la plataforma Google Earth Engine (GEE) y, a través de la herramienta Code Editor, se pudo programar y ejecutar una rutina para evaluar la temperatura superficial, lluvia, evapotranspiración, uso y cobertura del suelo y altitud. Las temperaturas superficiales medias (24,13°C) aumentan en el mes de julio y disminuyen en el mes de septiembre. La temperatura media anual es de 24,68°C y los años 2010 y 2016 fueron los más calurosos dentro de la serie estudiada. Los promedios mensuales de precipitación son de 182 mm y los meses de junio, julio y agosto son los meses de menor precipitación. La precipitación media anual fue de 1982 mm. Las temperaturas superficiales más altas se concentran en el centro urbano de la cuenca del Alto Juruá, con expansión a lo largo de los años coincidiendo con la expansión de los pastizales.

**Palabras clave:** Geotecnología; Dinámica climática; Temperaturas superficiales.

## 1. Introdução

Na Amazônia Legal, o crescente processo de ocupação rural e urbana de forma desordenada, tem gerado impactos ambientais de difícil ou nenhuma solução (Santos, 2013). O Rio Juruá é um dos principais afluentes do rio Solimões, reúne uma altíssima biodiversidade e, sob suas margens, abriga milhares de famílias em centenas de comunidades rurais. Uma percepção bastante evidente na bacia hidrográfica do Alto Juruá é o aumento do desmatamento para exploração agrícola devido ao crescimento populacional das comunidades (Silva et al., 2018).

Campos-Silva et al. (2019) através de entrevistas semiestruturadas com a comunidade do Vale do Juruá relataram mudanças que ocorreram nos sistemas naturais nos últimos 20 anos e seus respectivos impactos nas cadeias produtivas, entre eles, aumento da temperatura do ar, aumento de eventos extremos de secas e cheias. O desmatamento para exploração madeireira, agricultura intensiva, superpastoreio e urbanização, geram impactos negativos sobre uma área isolada, ou em uma unidade de planejamento como uma bacia hidrográfica, reduzindo sua capacidade de sustentação (Albuquerque, 2012). Desta forma, estudos que correlacionam a descrição da cobertura da terra e a diferenciação dos seus diferentes usos e manejos são relevantes para compreender a intensidade e os tipos de mudanças em determinadas áreas (Seabra & Cruz, 2013; Trevisan, 2017). Assim a proteção dos recursos naturais exige informações sobre a dinâmica do sistema, particularmente a avaliação das interações espaciais e temporais entre os componentes das bacias hidrográficas (Randhir; Tsvetkova, 2011).

Rosa et al. (2017) destacam que conhecer as mudanças ocorridas no espaço e os impactos ambientais provenientes delas é essencial para alcançar o equilíbrio dos sistemas naturais e a utilização de maneira sustentável dos seus recursos. As ferramentas de geotecnologia são influentes nas variáveis ambientais e classificação automatizada do uso da terra (Delgado et al., 2012). Neste contexto, as geotecnologias têm sido utilizadas como uma ferramenta importante na análise e compreensão da dinâmica espacial das variáveis que compõem o clima e variação do uso do solo de uma região.

Diante do exposto o objetivo desse estudo foi avaliar a dinâmica da temperatura da superfície, precipitação pluvial e evapotranspiração, e sua relação com uso e cobertura do solo na Bacia hidrográfica do Alto Juruá.

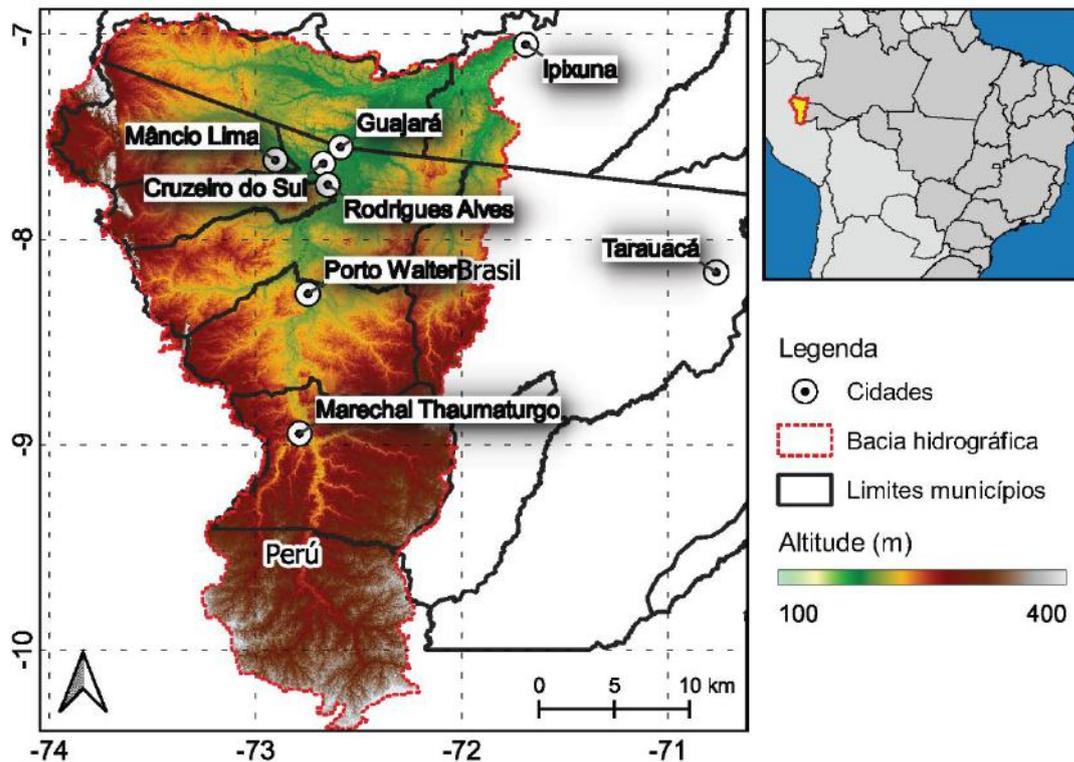
## 2. Metodologia

A Bacia hidrográfica do Alto Juruá (BHAJ) é uma bacia compartilhada entre o Brasil (Acre e Amazonas) e o Peru (especialmente com o Departamento Peruano de Ucayali). Localizada ao norte do Brasil, ela encobre os municípios de Cruzeiro do Sul – AC, Rodrigues Alves – AC, Porto Walter – AC, Marechal Thaumaturgo – AC, Tarauacá – AC, Guajará –

AM, Ipixuna – AM. A Figura 1 mostra a distribuição dos municípios dentro da Bacia hidrográfica do Alto Juruá em relação ao Estado do Acre e ao Brasil.

O clima é caracterizado como Af, sendo este descrito como clima tropical equatorial, sem estação seca (Alvares et al., 2013). A vegetação natural da área é classificada como floresta Amazônica, a qual é formada por palmeiras, cipós, árvores de grande porte e folhas largas (Gligio; Kobiyama, 2013). A altimetria da área varia de 156 m a 354 m.

**Figura 1** - Localização da Bacia hidrográfica do Alto Juruá.



Fonte: Autores.

A plataforma selecionada para o processamento dos dados e da informação de dados de satélite foi o ambiente de Google Earth Engine (GEE): <https://explorer.earthengine.google.com>, sistema de análise geoespacial baseada na nuvem, de nova geração que dá acesso a um vasto catálogo de imagens de satélite, bem como recursos de análise em escala global, permitindo análises geoespaciais otimizadas. Empregando a linguagem de programação JavaScript na criação dos algoritmos para tratamento das imagens satélites (Kumar; Mutanga, 2018).

Através da ferramenta Code Editor: <https://code.earthengine.google.com/>, foi possível programar e executar uma rotina a qual permitisse avaliar a temperatura da superfície, precipitação pluvial, evapotranspiração, uso e cobertura do solo e altitude, conforme a Tabela 1.

**Tabela 1.** Caracterização dos conjuntos de dados usados para o desenvolvimento da pesquisa.

Dados	Resolução espacial	Formato de dados	Cobertura temporal	Uso
MOD11A2 V6	1000 m	GeoTiff	2000-2017	Dados de temperatura da superfície terrestre
MOD16A2 V105	1000 m	GeoTiff	2000-2014	Dados de evapotranspiração
CHIRPS	500 m	GeoTiff	2000-2017	Dados de precipitação pluvial
SRTM	30 m	GeoTiff	2009	Dados de Altitude
mapbiomas	30 m	GeoTiff	2000-2017	Dados de uso e cobertura do solo
Hidrográfica Ottocodificada	1:250.000	Shapefile	2020	Limite da bacia hidrográfica
Limite administrativo	1:250.000	Shapefile	2020	Limites municipais

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission; CHIRPS - Clima Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data. Fonte: Autores.

Na análise da temperatura da superfície terrestre (TST) foram utilizadas imagens do satélite MODIS com o produto MOD11A2 Versão 6 (MODIS/006/MOD11A2 V6), no qual fornece média de temperatura e superfície terrestre cada 8 dias e resolução espacial de 1000 m (Wan et al., 2015). A evapotranspiração (ET) foi extraída do satélite MODIS com o produto MOD16A2 V105 fornece informações sobre a evapotranspiração terrestre global de 8 dias com resolução espacial de 1000 m. O algoritmo usado para a coleta de produtos de dados é baseado na equação de Penman-Monteith (Mu et al., 2007).

Os dados de precipitação pluvial foram obtidos pelo CHIRPS Versão 2. O Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations (Chirps) estima a precipitação a partir de diversas fontes de satélites e estações meteorológicas. Os dados têm resolução espacial de aproximadamente de 5000 m (Funk et al., 2015). A altitude da área foi estimada com os dados a cada 30 m de resolução espacial gerado a partir da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) (Gao; Zhang, 2009). No mapeamento do uso e cobertura do solo foi utilizada o MapBiomas coleção 5 no período de 2000 a 2017 para o estado do Acre, em escala de 30 m (Souza et al., 2020).

Os dados sobre temperatura da superfície, precipitação pluvial, evapotranspiração, uso e cobertura do solo foram apresentados em mapas de distribuição espacial anual no qual foram gerados gráficos de valores médios da BHAJ em escala mensal e anual das variáveis climáticas. Alguns índices estatísticos foram utilizados a fim de comparar a altitude e as variáveis climáticas extraídas de 200 pontos aleatorizados na BHAJ. A raiz do erro quadrático médio (RMSE), o erro médio absoluto (MBE), coeficientes lineares (interceptação), angulares (inclinação) das equações de regressão, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e correlação de Pearson ( $R$ ) foram os índices utilizados.

Através dos dados obtidos, ocorreu o processamento utilizando o software livre R Statistical<sup>®</sup> e os seus pacotes para extração e análise dos dados. Para o processamento final dos rasters gerados na plataforma GEE, foi utilizada a ferramenta QGIS 3.18, Sistema de Informação Geografia livre e de código aberto na elaboração dos mapas.

### 3. Resultados e Discussão

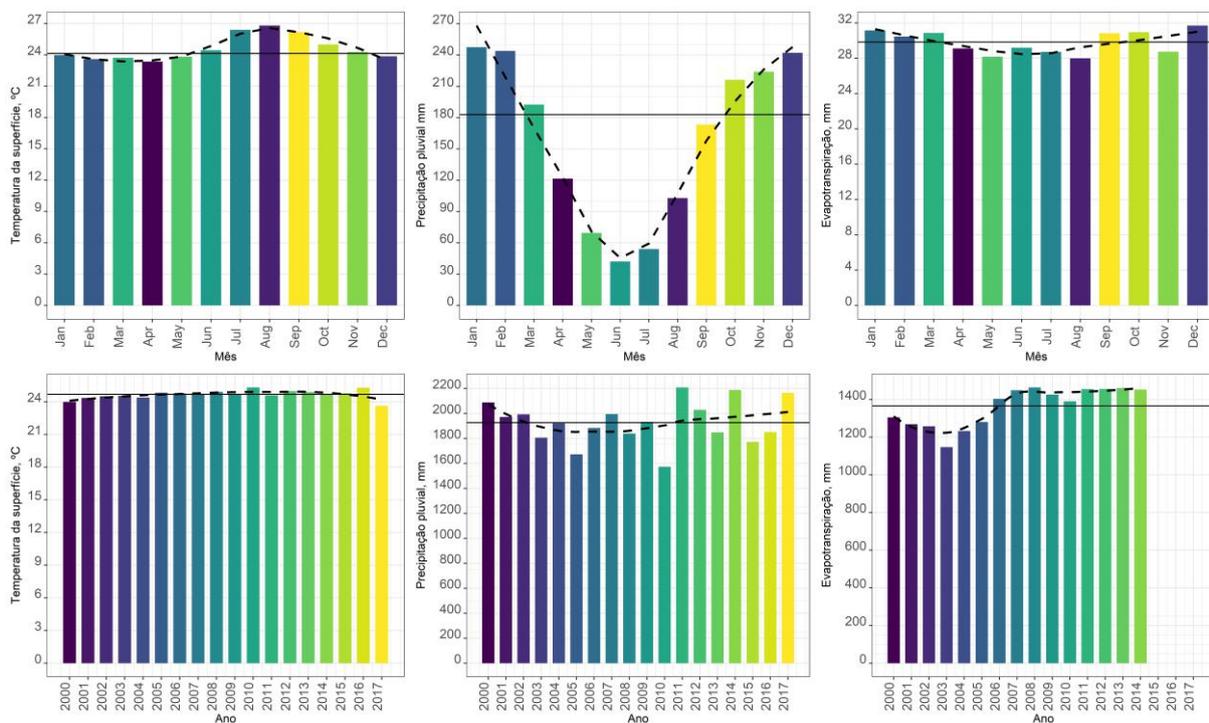
A média de temperatura da superfície mensal é de 24,13°C, onde observa-se que esta apresenta um aumento a partir do mês de julho, sendo agosto o mês mais quente, e um decréscimo no mês de setembro. Os valores anuais de temperatura da

superfície apresentam média de 24,68°C, onde apenas nos anos de 2010 e 2016 os valores ultrapassam a média e nos anos de 2000 e 2017 ficam abaixo da média (Figura 2).

A precipitação pluvial possui uma média mensal de 182,94 mm e anual de 1926,81 mm anual. A partir do mês de março há uma forte queda na precipitação pluvial, onde a mesma só volta a aumentar consideravelmente no mês de setembro. Anualmente nota-se que os valores de precipitação oscilam bastante, porém sendo sempre maiores que 1400 mm a partir do ano de 2006.

A média de evapotranspiração mensal é de 29,82 e a anual é de 1982 mm, onde na mensal é possível notar que a partir do mês de abril esse valor sofre um decréscimo, voltando a normalizar no mês de agosto e sofrer um decréscimo novamente no mês de novembro. Anualmente, é possível observar que entre os anos 2000 e 2005 os valores de evapotranspiração sempre estiveram abaixo da média, sendo o ano de 2003 a apresentar o menor valor dentre todos os anos. A partir de 2006, todos os anos seguintes se mantiveram acima da média.

**Figura 2** - Temperatura da superfície, precipitação pluvial e evapotranspiração na Bacia hidrográfica do Alto Juruá.



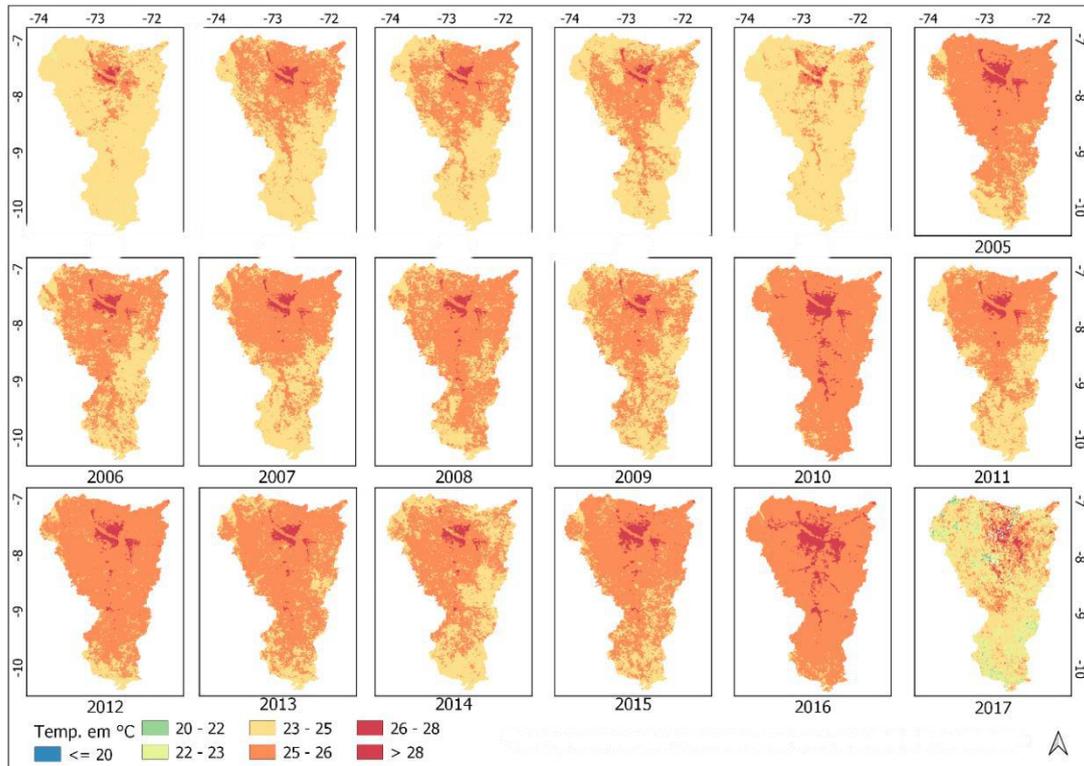
Fonte: Autores.

Os anos de 2005, 2010, 2012, 2013 e 2016 foram os que apresentaram, especialmente, maiores temperaturas médias de superfície anual acima de 25°C, sendo os anos de 2010 e 2016 os mais críticos (Figura 3). Já os anos de 2000 e 2017 foram os que apresentaram temperaturas mais amenas (20°C-28°C), sendo este último o ano mais brando de toda a série.

Geralmente as temperaturas mais elevadas estão concentradas nos centros urbanos de uma região (Figura 3), observa-se que o aumento de temperatura de superfície ao longo dos anos visto na Figura 3 pode ser explicado pelo desenvolvimento e expansão das áreas urbanas ao longo do tempo. Leite et al. (2019), em estudo realizado na cidade de Piauí, Brasil, também obtiveram as maiores temperaturas centradas nas áreas urbanas. Ainda considerando o visível padrão de aumento de temperatura de superfície no decorrer do tempo, percebe-se que os anos de 2004 e 2017 são atípicos por apresentarem drásticas reduções na temperatura de superfície em relação aos anos anteriores. Nova et al. (2021) ao analisarem a temperatura de superfície em Recife-PE, também obtiveram anos atípicos em sua série, onde os mesmos destacam que o comportamento

quanto a temperaturas mais amenas para tais anos pode estar relacionado com a data de aquisição das imagens, as quais foram obtidas em meses chuvosos.

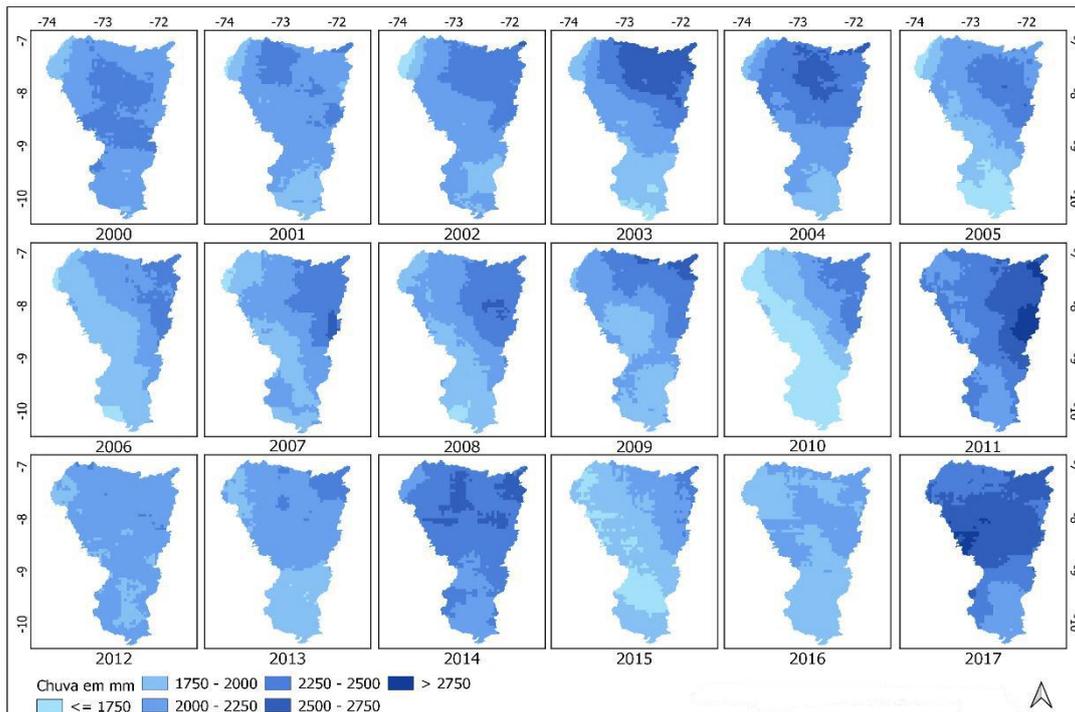
**Figura 3** - Temperatura da superfície terrestre média anual (2000 a 2017) na Bacia hidrográfica do Alto Juruá.



Fonte: Autores.

Nota-se que os anos de 2011, 2014 e 2017 foram os que apresentaram uma maior precipitação média anual (>2250 mm) e que os anos de 2005, 2010 e 2015 foram os que apresentaram um menor índice (Figura 4). Os maiores volumes de chuva concentram-se na região Norte e Nordeste da Bacia, tendo-se volumes de chuva acima dos 2500 mm, já os menores níveis de chuva se distribuem de forma aleatória pela região.

**Figura 4** - Precipitação pluvial média anual (2000 a 2017) na Bacia hidrográfica do Alto Juruá.

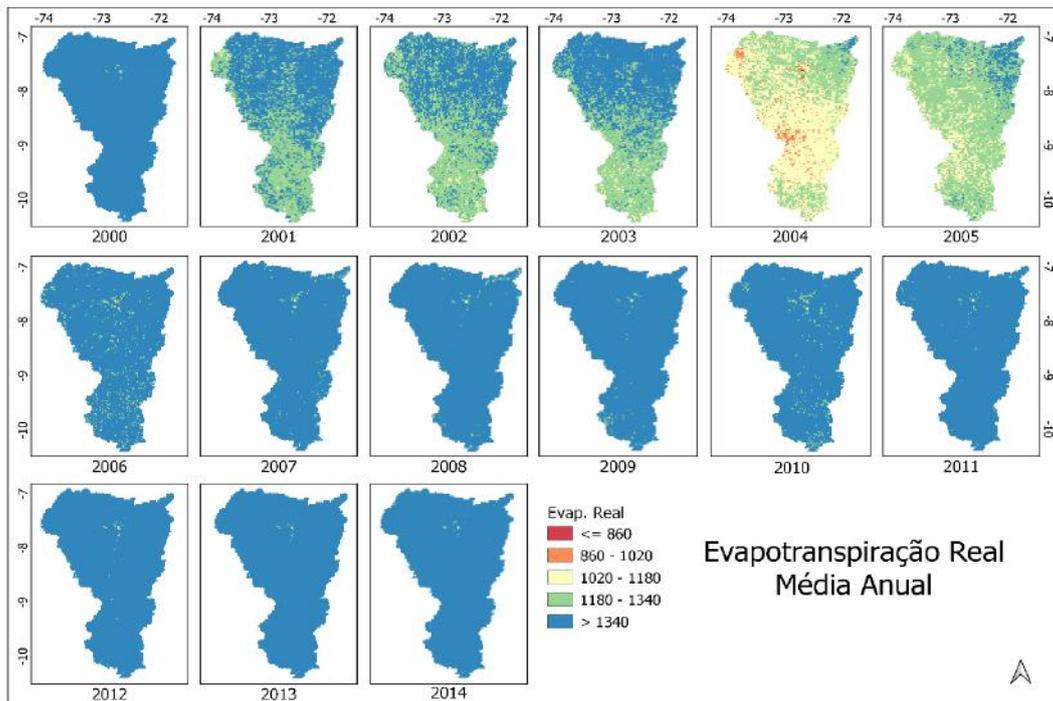


Fonte: Autores.

Os anos de 2000, 2013 e 2014 (Figura 5) foram os que apresentaram as maiores médias anuais de evapotranspiração (1180-1340 mm), enquanto que os anos de 2004 e 2005 foram os que apresentaram as menores médias anuais (860-1340 mm). Percebe-se que a partir do ano de 2001, os valores de evapotranspiração começam a diminuir, sendo no ano de 2004 em que ocorrem os valores mais baixos da série, e que, a partir de 2016, os valores de evapotranspiração voltam a normalizar e se tornam constantes, com baixa variação.

Onde há forte predominância de floresta a evapotranspiração tende a ser mais alta (Figura 6), assim como quando há pouca vegetação ela tende a ser baixa. Chun et al. (2018), ao compararem estimativas de evapotranspiração no Novo México (USA), afirmam que o decaimento da evapotranspiração se dá em virtude da retirada da floresta nativa para pastagem. Serrão et al. (2019), em seu estudo na bacia hidrográfica do Rio Itacaiúnas, no estado do Pará, também observaram decaimento da evapotranspiração nas áreas em que há a predominância de pastagem e grandes índices de desmatamento. Logo, a diminuição da evapotranspiração entre os anos de 2001 e 2004 pode ser explicada devido ao desmatamento (Figura 6), que reduz o dossel vegetativo e conseqüentemente o índice de evapotranspiração.

**Figura 5** - Evapotranspiração média anual (2000 a 2014) na Bacia hidrográfica do Alto Juruá.

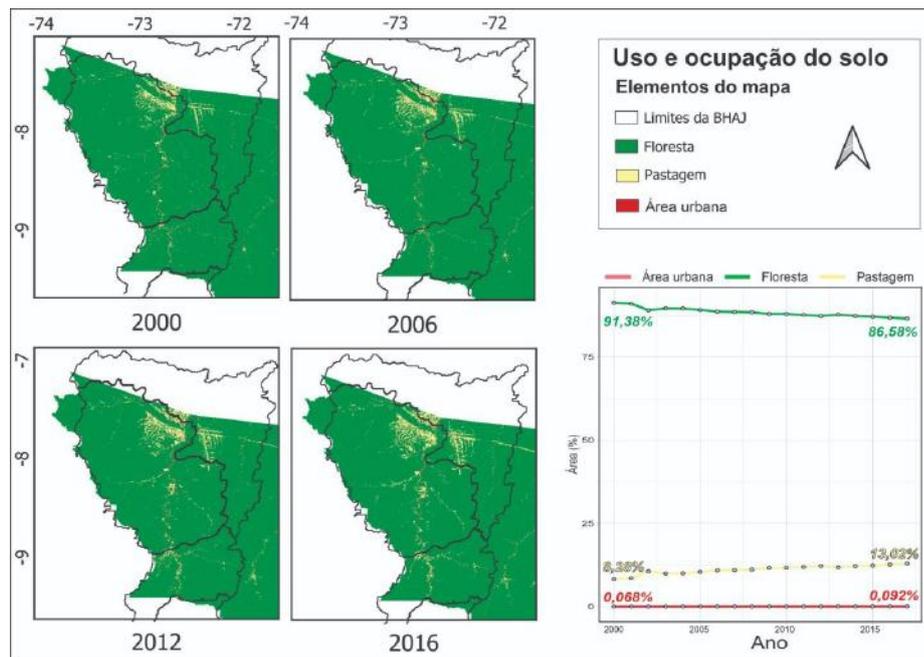


Fonte: Autores.

Na Figura 6 está apresentado a classificação do uso e ocupação do solo entre os anos de 2000 a 2017, foram identificadas três classes de cobertura do solo, sendo elas: floresta, pastagem e Área urbana. As ocorrências de áreas brancas na Figura 5, são áreas que não foram classificadas, como a região do Peru e o estado do Amazonas pertencentes da BHAJ.

Em 2000 a cobertura florestal da BHAJ era de 91,38% e em 2017 de 86,58%, com decréscimo de 4,8%. A área urbana foi de 0,068% para 0,092%, aumentando em cerca de 0,024%. Já pastagem passou de 0,28% para 13,02%, havendo um aumento de 12,47%, sendo esta última a que apresentou o maior aumento percentual. Perez et al (2007) identificaram em estudos sobre a dinâmica do desmatamento em dois municípios do estado do Acre um incremento de 65 km<sup>2</sup> nos anos de 2000 a 2003 no município de Cruzeiro do Sul, intervalo de tempo que coincidem com a expansão da área de pastagem na Bacia Hidrográfica do Alto do Juruá observada na figura 6 e continuo aumento em 2012 e 2016. A concentração de área de pastagem ao centro dos mapas de ocupação do uso do solo coincide com a expansão de aumento de temperaturas da superfície, ao longo dos anos, identificadas na Figura 3. Silva et al. (2018) em estudos sobre incêndios florestais ao longo de um período de 33 anos (1984–2016) observaram, que os anos de 2005 e 2010 representaram 90% da área total de incêndios florestais no Acre.

**Figura 6** - Mapa de uso e ocupação do solo na Bacia hidrográfica do Alto Juruá nos anos de 2000 a 2017.



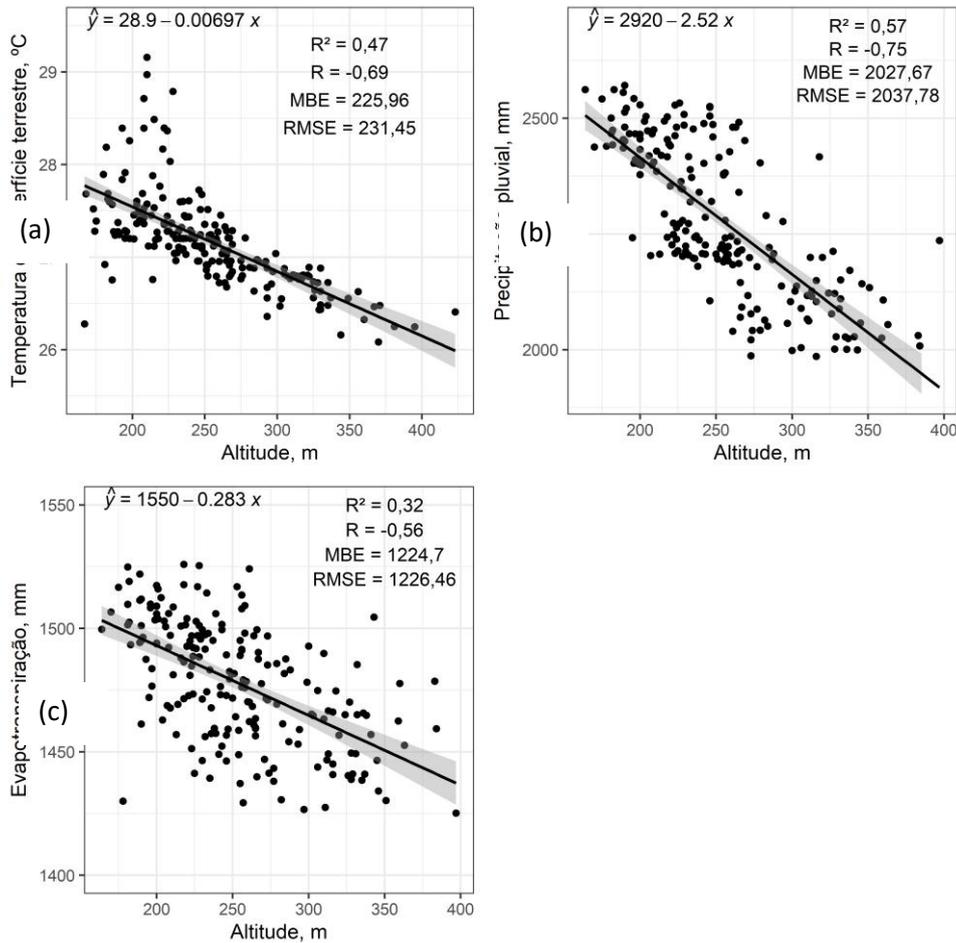
Fonte: Autores.

Nas correlações apresentadas na (Figura 7 a, b, c), observa-se que a altitude apresenta correlação moderada com as variáveis temperatura de superfície com coeficiente de determinação  $R^2 = 0,47$ ;  $RMSE = 231,45$ ; com o aumento na altitude, o ar fica cada vez mais rarefeito, o que leva a uma perda de pressão, a temperatura é diretamente proporcional à pressão atmosférica do ambiente, portanto, quanto menor a pressão, menor a temperatura ou seja, quanto maior a altitude, menor a temperatura do ar. Na variável de precipitação pluvial, o  $R^2=0,57$ ;  $RMSE=2037,78$  e para evapotranspiração anual o  $R^2 = 0,32$ ;  $RMSE=1226,46$ , este último apresenta uma correlação fraca, ou seja, a característica do relevo na região não influencia diretamente na dinâmica das evapotranspiração, pois depende de outras variáveis como a própria temperatura da superfície e a radiação solar.

De acordo com os dados analisados percebe-se que a altitude mostrou boas correlações, com praticamente todas as variáveis estudadas, o que demonstra boa resposta a fim de entender a dinâmica da climatologia na Bacia hidrográfica do Alto Juruá, bem como podendo ser utilizado para possíveis tomadas de decisão. Vale ressaltar que a altitude é um gradiente indireto que modera o crescimento da vegetação e as condições climáticas locais, como o desenvolvimento do solo e os regimes de precipitação pluvial e temperatura, que por sua vez implicam na dinâmica da população vegetal no decorrer da bacia hidrográfica (Füreder, 2010).

A taxa de queda da temperatura de superfície foi de  $6,7^\circ\text{C}/\text{km}$ , foi próximo da média global de  $6,5^\circ\text{C}/\text{km}$  (DENG et al., 2018). Como a cidade de Cruzeiro do Sul apresenta terrenos sinuosos com altitudes baixas (em relação ao restante da BHAJ), a temperaturas de superfície fica acima dos  $27^\circ\text{C}$ . No Parque Nacional da Serra do Divisor, Noroeste da BHAJ (Figura 1), onde há cadeias montanhosas, a temperaturas de superfície é baixa, ficando em torno dos  $26^\circ\text{C}$  (Figura 6).

**Figura 7** - Diagrama de dispersão de altitude com a temperatura da superfície (a), precipitação pluvial (b) e evapotranspiração anual (c). Dados de 200 pontos extraídos aleatoriamente na Bacia hidrográfica do Alto Juruá. Raiz do erro quadrático médio (RMSE). Erro médio absoluto (MBE). Coeficientes de determinação ( $R^2$ ). Correlação de Pearson (R).



Fonte: Autores.

## 4. Conclusão

As temperaturas médias da superfície ( $24,13^{\circ}\text{C}$ ) sofrem aumento no mês de julho e decréscimo no mês de setembro. A temperatura média anual é de  $24,68^{\circ}\text{C}$  e os anos de 2010 e 2016 foram os mais quentes dentro da série estudada.

As médias mensais de precipitação são de 182 mm sendo os meses de junho, julho e agosto os meses com menos chuvas. A média anual de precipitação foi de 1982 mm.

As temperaturas de superfície mais elevadas estão concentradas no centro urbano da bacia hidrográfica do Alto Juruá, observando-se expansão ao longo dos anos coincidindo com a expansão de área de pastagens.

Deve-se realizar estudos mais detalhados nas microbacias que compõem a bacia hidrográfica do Alto Juruá, a fim de subsidiar uma gestão mais sustentável no uso do solo e dos recursos hídricos. Ademais, é importante que estudos que busquem comparar os dados climáticos de satélites com estações climáticas locais sejam feitos na região.

## Referências

- Albuquerque, A. R. C. (2012). Bacia hidrográfica: Unidade de planejamento ambiental. *Revista Geonorte, Edição Especial*. 4(4), 201–209.
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., de Moraes, G., Leonardo, J. & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. 22(6), 711-728.

- Campos-Silva, J. V., Junqueira, A. B., Mazzochini G. G., Perez A. L., Silva M., Estevo M. & Andrade P. C.M. (2019). Mudanças climáticas e seus impactos na sociobiodiversidade do Rio Juruá. SITAWIN, 68p.<<https://www.sitawi.net/publicacoes/estudo-mudancas-climaticas-e-seus-impactos-na-sociobiodiversidade-do-rio-juruua/>>.
- Chun, J. A., Baik, J., Kim, D. & Choi, M. (2018). A comparative assessment of SWAT-model-based evapotranspiration against regional-scale estimates. *Ecological Engineering*. 122, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.07.015>.
- Delgado, R. C., Souza, L. P., Silva, I. W. R., Pessôa, C. S. & Gomes, F. A. (2012). Influência da mudança da paisagem amazônica no aumento da precipitação em Cruzeiro do Sul, AC. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*. 8(14), 665.
- Deng, Y., Wang, S., Bai, X., Tian, Y., Wu, L., Xiao, J., Chen, F. & Qian, Q. (2018). Relationship among land surface temperature and LUCC, NDVI in typical karst area. *Scientific Reports*. 8, 1-12.
- Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., Husak, G., Rowland, J., Harrison, L., Hoell, A. & Michaelsen, J. (2015). The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes. *Scientific Data*. 2, 1-21.
- Füreder, P. (2010). Correção Topográfica de Imagens de Satélite para Classificação LULC Melhorada em Áreas Alpinas. *Grazer Schr. Geogr. Raumforsch.* 45, 187-194.
- Gao, Y. & Zhang, W. LULC Classification and Topographic Correction of Landsat-7 ETM + Imagery in the Yangjia River Watershed: The Influence of DEM Resolution. *Sensors*. 30 (9), 2259 –2275. <https://doi.org/10.1080/01431160802549336>.
- Giglio, J. N. & Kobiyama, M. (2013). Interceptação da chuva: uma revisão com ênfase no monitoramento em florestas brasileiras. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. 18(2), 297-317.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D. & Moore, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*. 202, 18-27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>.
- Kumar, L. & Mutanga, O. (2018). Google Earth Engine Applications Since Inception: Usage, Trends, and Potential. *Remote Sensing. MPDI*. 10(1509), 15.
- Leite, A.C.S., Oliveira, L.M.M., Silva, B.B., Montenegro, S.M.G.L. & Bezerra, U.A. (2019). *Mudança Espaço Temporal do Uso e Cobertura do Solo e Estimativa da Temperatura da Superfície no Município de Teresina – Piauí, Brasil*. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. 42(3), 42-5. [http://dx.doi.org/10.11137/2019\\_3\\_42\\_51](http://dx.doi.org/10.11137/2019_3_42_51).
- Mu, Q., Heinsch, F., Zhao, M. & Running, S. (2007). Development of a Global Evapotranspiration Algorithm Based on MODIS and Global Meteorology Data. *Remote Sensing of Environment*. 111, 519-536.
- Nova, R. A. V., Gonçalves, E. M. & Lima, F. V. M. S. (2021). Análise temporal de ilhas de calor através da temperatura de superfície e do índice de vegetação em Recife-PE, Brasil. *Rev. Bras. Cartogr.* 73(2). <http://dx.doi.org/10.14393/rbvcv73n2-54522>.
- Perez L. P., Filho H. F. & Kuplich T. M. (2007). *A dinâmica do desmatamento em duas cidades amazônicas: Rio Branco e Cruzeiro do Sul, Acre, no período de 1985 a 2003 – uma análise preliminar*. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, INPE, 6921-6927.
- Randhir, T. O. & Tsvetkova, O. (2011). Spatiotemporal dynamics of landscape pattern and hydrologic process in watershed systems. *Journal of Hydrology*. 404, 1-12.
- Rosa, E. P., Trentin, R., Dias, D. F. & Santos, V. S. (2017). Mapeamento do uso e ocupação da terra no município de Jaguari-RS, in: Perez Filho, A. & Amorim, R.R. (Org.), Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento, 1: 6890-6894.
- Santos, D. B. O. (2013). *Aplicação da RUSLE a uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia*. 2013. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pará, Belém, Brasil.
- Seabra, V. S. & Cruz, C. M. (2013). Mapeamento da dinâmica da cobertura e uso da terra na bacia hidrográfica do Rio São João, RJ. *Revista Sociedade & Natureza*, 25(2), 411-426.
- Serrão, E. A. O., Silva, M. T., Sousa, F. A. S., Ataíde, L. C. P., Santos, C. A., Silva, V. P. R. & Silva, B. K. N. (2019). Influência do uso e cobertura da terra na variabilidade espacial e temporal da evapotranspiração no sudeste da Amazônia, utilizando o modelo SWAT. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*. 10(4), 134-148. <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.004.0011>.
- Silva S. S., Feamside, P. M., Graça P. M. L., de A. Brown I. F., Alencar A. & Melo A.W. F. (2018). Dynamics of forest fires in the southwestern Amazon. *Forest Ecology and Management*. 424, 312-322, ISSN 0378-1127, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.04.041>.
- Souza, C.M.J., Shimbo, J.Z., Rosa, M.R., Parente, L.L., Alencar, A.A., Rudorff, B.F.T, et al. (2020). Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. *Remote Sensing*. 12(17), 1217-2735. <https://doi.org/10.3390/rs12172735>.
- Trevisan, D. P., Moschini, L.E. & Guerrero, J.V.R. (2017). Dinâmica Temporal do Uso e Cobertura da Terra no Município de Brotas-SP entre os Anos de 1988 e 2016. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, 6(4), 204-219.
- Wan, Z., Hook, S. & Hulley, G. (2015). MOD11A1 MODIS/Terra Land Surface Temperature/Emissivity Daily L3 Global 1km SIN Grid V006 [Data set]. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. <https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD11A1.006>.
- Willmott, C. J., Robeson, S. M. & Matsuura, K. (2012). A refined index of model performance. *Int J Climatol*. 32, 2088-2094.