



**HAL**  
open science

# ANALYSE COMPARÉE DES ÎLOTS DE CHALEUR DE SURFACE DIURNES ET NOCTURNES EN ENVIRONNEMENT TROPICAL CONTINENTAL ET TEMPÉRÉ OCEANIQUE

Margarete Amorim, Vincent Dubreuil

► **To cite this version:**

Margarete Amorim, Vincent Dubreuil. ANALYSE COMPARÉE DES ÎLOTS DE CHALEUR DE SURFACE DIURNES ET NOCTURNES EN ENVIRONNEMENT TROPICAL CONTINENTAL ET TEMPÉRÉ OCEANIQUE. XXXIIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Jul 2020, RENNES, France. <halshs-02970904>

**HAL Id: halshs-02970904**

**<https://shs.hal.science/halshs-02970904v1>**

Submitted on 19 Oct 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

## ANALYSE COMPARÉE DES ÎLOTS DE CHALEUR DE SURFACE DIURNES ET NOCTURNES EN ENVIRONNEMENT TROPICAL CONTINENTAL ET TEMPÉRÉ Océanique

AMORIM M.C.C.T.<sup>1</sup>, DUBREUIL V.<sup>2</sup>

*1 São Paulo State University Júlio de Mesquita Filho, Faculty of Science and Technology (FCT/UNESP), Presidente Prudente, Brazil (margarete.amorim@unesp.br)*

*2 Université Rennes 2, LETG-COSTEL, UMR 6554 CNRS, Rennes, France (vincent.dubreuil@univ-rennes2.fr)*

**Résumé :** *Cette recherche vise à comparer et analyser les intensités des îlots de chaleur de surface urbains pendant le jour et la nuit à Presidente Prudente - Brésil et Rennes - France, villes de taille moyenne, situées respectivement en climat continental tropical et tempéré océanique. Pour cela, des cartes de température de surface ont été générées à partir d'images du satellite Landsat 8, bande 10 du canal infrarouge thermique / TIRS 1. Les résultats montrent que les îlots de chaleur de surface, avec des températures plus élevées dans les zones construites, ont été enregistrés à Presidente Prudente, de jour comme de nuit dans des conditions de températures atmosphériques maximales élevées. À Rennes, en raison des conditions climatiques plus fraîches et qui ont provoqué des précipitations dans les jours précédant la prise des images, pendant la journée, l'intensité de l'îlot de chaleur était plus faible que pendant la nuit, avec les températures les plus élevées enregistrées sur les plans d'eau (rivières et étangs).*

**Mots clés :** *îlots de chaleur de surface ; télédétection ; Rennes / France ; Presidente Prudente / Brésil*

**Summary:** *Comparative analysis of diurnal and nocturnal surface heat islands in tropical continental and temperate oceanic environments. This research aims to compare and analyze the intensities of urban surface heat islands during the day and at night in Presidente Prudente - Brazil and Rennes - France, medium-sized cities, located respectively in tropical continental and oceanic temperate climate. For this, surface temperature maps were generated from images of the Landsat 8 satellite, band 10 of the thermal infrared channel / TIRS 1. The results show that the surface heat islands, with higher temperatures in the built-up areas were recorded at Presidente Prudente, day and night under conditions of high maximum atmospheric temperatures. In Rennes, due to the cooler climatic conditions that caused precipitation in the days preceding the taking of the images, during the day, the intensity of the heat island was lower than during the night, with temperatures higher recorded on water bodies (rivers and ponds).*

**Key words:** *surface heat islands; remote sensing; Rennes / France; Presidente Prudente / Brazil*

### Introduction

Les zones urbaines entraînent de fortes transformations du paysage naturel en raison du remplacement de la végétation par les bâtiments et de l'imperméabilisation presque complète de la surface. En plus de ces changements des états de surface, les activités humaines jouent un rôle important dans la génération de chaleur anthropique. De tels changements entraînent des modifications du bilan énergétique qui entraînent une augmentation de la température urbaine par rapport aux zones rurales. Cette augmentation de la température est connue sous le nom d'îlots de chaleur urbains (ICU) (OKE, 2017 ; AMORIM, 2000 ; AMORIM *et al.*, 2009).

Les types d'îlots de chaleur urbains sont définis en fonction des couches où les températures les plus élevées sont enregistrées (OKE, 2017), et permettent de distinguer : l'îlot de chaleur de surface, diagnostiqué par télédétection ; l'îlot de chaleur atmosphérique inférieur - couche de canopée urbaine, entre le sol et le niveau moyen des toits ; et l'îlot de chaleur de la haute atmosphère urbaine - couche limite urbaine, qui se situe au-dessus de la précédente.

Les îlots de chaleur de surface sont souvent analysés à l'aide des satellites Landsat (Land Remote Sensing Satellite) 5 et 7 en utilisant bande 6 du canal infrarouge thermique avec des résolutions spatiales de 120 et 60 mètres, respectivement et Landsat 8, utilisant les bandes 10 et 11 (infrarouge thermique / TIRS 1) avec une résolution spectrale de 10,6 - 11,19  $\mu\text{m}$  et une résolution spatiale de 100 mètres, mais traitées et mises à disposition avec un pixel de 30 mètres par l'USGS (United States Geological Survey).

Ce travail vise à comparer et analyser les intensités des îlots de chaleur de surface urbains diurne et nocturne à Presidente Prudente - Brésil et Rennes - France, villes moyennes, situées respectivement en climat continental tropical et tempéré océanique. Des études d'îlots de chaleur de surface par télédétection avec des images prises pendant la journée ont déjà été menées dans des recherches antérieures dans les deux villes (AMORIM *et al.*, 2009 ; AMORIM, 2018). Cependant, les caractéristiques des températures de surface la nuit et la comparaison avec les images prises le jour dans les deux villes n'ont pas encore été étudiées.

## 1. Présentation des régions d'études

Presidente Prudente est situé à l'ouest de l'État de São Paulo / Brésil (22°10' de latitude sud et 51°40' de longitude ouest), dans une zone de transition climatique entre les systèmes tropicaux et extratropicaux connaissant une forte variabilité interannuelle. Selon Dubreuil *et al.* (2017), le climat de la région est de type Aw (climat tropical humide à saison sèche d'hiver). Les données météorologiques enregistrées pendant la période de 1969 à 2015 montrent que pendant le printemps et l'été les températures quotidiennes oscillent entre 20°C et 32°C, avec des maximales absolues proches de 40°C, ces deux saisons concentrant environ 75% des précipitations annuelles moyennes de 1300 mm (AMORIM, 2018). En automne / hiver, les températures diminuent légèrement mais restent élevées (entre 15°C et 20°C), à l'exception des épisodes d'invasions d'anticyclones polaires où les températures minimales absolues peuvent être inférieures à 0°C (-1,8°C en juillet 1975, AMORIM *et al.*, 2009 ; AMORIM, 2018).

En raison de sa situation géographique, les épisodes de fortes températures sont courants à Presidente Prudente et des îlots de chaleur de surface diurne et des îlots de chaleur atmosphérique très élevés ont été identifiés, soit, d'après la classification de Fernandez García (1996), des ICU de très grande intensité (plus de 6°C) et dans certaines situations synoptiques supérieures à 9°C (AMORIM et DUBREUIL, 2017).

Rennes est située sur la façade occidentale de la France à une soixantaine de kilomètres de la Manche et de l'Océan Atlantique. La station climatique de référence, située sur l'aéroport de Saint Jacques de la Lande au sud-sud-ouest de l'agglomération a pour coordonnées 48°04'06" N en Latitude et 01°44'00" O en Longitude. Le climat est de type tempéré océanique à hiver doux et été frais sans saison sèche, en moyenne (type Cfb de Köppen). Les moyennes des minimales oscillent entre 3 et 14°C de janvier à juillet tandis que les moyennes des maximales pour les mêmes mois sont de 8.7 et 24.5°C. La variabilité reste importante puisque les valeurs absolues sont de -14.7°C observé en janvier 1985 et 40.1°C atteints en juillet 2019 ! Enfin, les précipitations sont peu abondantes en volume (moyenne annuelle de 694 mm) avec un maximum d'automne hiver (plus de 70 mm en octobre et décembre) et un minimum d'été (38 mm en août).

Les études de climatologie urbaine réalisées à Rennes depuis 2004 ont permis d'observer des îlots de chaleur fréquemment supérieurs à 5°C la nuit et dont l'intensité maximale a atteint 8°C en 2011 (FOISSARD *et al.*, 2019).

## 2. Données et Méthodes

Le nombre de travaux qui utilisent la télédétection dans les études des îlots de chaleur urbains a considérablement augmenté ces dernières décennies. Il existe plusieurs types de démarches parmi lesquelles on peut retenir : l'analyse de l'intensité de l'îlot de chaleur dans différentes villes avec une image comme référence (MATSON *et al.*, 1978) ; l'analyse de leur intensification dans le temps, en comparant la température de surface apparente des images pour différentes années ; l'analyse du temps de réponse entre les températures de surface et la température de l'air en milieu rural et urbain ; l'analyse de l'intensité des îlots de chaleur de

surface, compte tenu des caractéristiques du terrain et de la variabilité des précipitations (AMORIM et DUBREUIL, 2017) ; et des études sur le diagnostic des îlots de chaleur de surface pendant la journée (AMORIM *et al.*, 2009; AMORIM, 2018). Peu d'études en revanche utilisent des images comparant le jour et la nuit.

Pour comparer et analyser les intensités des îlots de chaleur urbains de surface de jour et de nuit dans les deux villes situées dans des contextes climatiques différents, des cartes de température de surface ont été réalisées à partir d'images du satellite Landsat 8 (bande 10, du canal infrarouge thermique / TIRS 1). Pour Presidente Prudente, les scènes 222/05 du 25 octobre 2019 (13h22 UTC) et 104/169 du 16 novembre 2019 (01h50 UTC) ont été utilisées. Pour Rennes, les images utilisées sont celles du 14 novembre 2019 de jour (scène 202/26 acquise à 10:59 UTC) et de nuit celle du 18 novembre 2019 (scène 61/217 à 21:44 UTC).

L'analyse a été effectuée en tenant compte de l'intensité ( $\Delta T$ ) des îlots de chaleur de surface (et non des valeurs absolues), en raison de la grande différence thermique entre les températures nocturnes les plus basses et les températures diurnes les plus élevées (minimum de 13,1°C la nuit et maximum de 38,9°C le jour pour Presidente Prudente et un minimum de -1,7°C la nuit et un maximum de 9,7°C pour Rennes). Une telle différence dans les valeurs absolues rend d'ailleurs difficile la standardisation de la légende des couleurs des cartes.

Pour le calcul de l'intensité ( $\Delta T$ ) des îlots de chaleur de surface à Presidente Prudente, les différences de températures intra-urbaines ont été prises en compte par rapport aux températures moyennes dans une zone à forte densité végétale sur l'image diurne (et non pas les températures absolues les plus basses qui peuvent être des toits métalliques, JENSEN, 2009). Pour les images de Rennes (de jour comme de nuit) et pour l'image de nuit de Presidente Prudente, les valeurs absolues ont été reclassées, la température minimale de chaque scène étant fixée à zéro.

Tous les traitements des images satellites ont été réalisées avec le logiciel IDRISI-TERSET<sup>1</sup>, en utilisant des paramètres fixes de conversion des niveaux de gris de l'image (NC) en radiance, puis en température Kelvin et enfin en degrés Celsius. : les équations de conversion et leurs paramètres ont été obtenus sur le site Web de l'USGS<sup>2</sup>.

### 3. Résultats et Discussion

La comparaison des températures de surface la nuit et le jour dans deux villes aux contextes climatiques différents montre des caractéristiques proches concernant l'effet des bâtiments qui conservent les températures les plus élevées de jour comme de nuit. Les secteurs de végétation dense présentent également des comportements similaires dans les deux villes, à savoir des températures de surface plus basses pendant la journée mais se rapprochant des températures des zones construites la nuit.

Cependant, les contrastes de températures sont plus élevés (notamment le jour) à Presidente Prudente qu'à Rennes. Ceci est dû aux conditions atmosphériques dans chacune des villes : à Rennes, les images datent du mois de novembre et en raison des basses températures, typiques de cette période de l'année (Tab.1), une grande partie des feuilles des arbres sont déjà tombées, générant des températures proches des zones construites. De plus, le mois de novembre 2019 a été très pluvieux (deux fois au-dessus de la moyenne), avec des précipitations enregistrées la veille de la prise de vue de jour (11/13), un fait également responsable de la diminution des intensités des températures de surface. En effet, dans des études antérieures, des contrastes plus marqués entre les températures des zones bâties et non bâties, avaient été observés (AMORIM *et al.*, 2009 ; BARBOSA *et al.*, 2017).

<sup>1</sup> Idrisi est une marque déposée de Clark University.

<sup>2</sup> Site <https://www.usgs.gov/media/files/landsat-8-data-users-handbook>. (dernier accès le 30 janvier 2020).

À Presidente Prudente, les jours de prise de vue (de jour comme de nuit) sont caractéristiques de la fin de la saison sèche qui, comme montré par Amorim (2018), laisse le sol rural sec et nu, permettant aux températures de surface d'augmenter fortement. Les secteurs boisés conservent en revanche toujours des températures de surface plus basses.

Le tableau 1 montre les données des températures de surface et de l'air, ainsi que de l'humidité relative de l'air dans les deux villes, les jours où les images satellites Landsat 8 ont été prises. Pour chaque ville, les valeurs des températures maximales et minimales de l'air sont proches pour les deux jours d'acquisition des images satellites, montrant que les situations sont assez comparables respectivement entre jour et nuit ; bien sûr, les températures observées à Presidente Prudente sont bien supérieures à celles observées à Rennes ! La différence de température de l'air entre l'heure d'acquisition de la scène de jour et celle de nuit est comparable également (5°C environ). A Rennes, l'écart entre les températures de surface et les températures de l'air sont assez faibles de jour comme de nuit. A Presidente Prudente, en revanche, les températures de surface s'élèvent fortement au-dessus des températures de l'air pendant la journée alors qu'elles restent plus proches pendant la nuit : la plus forte hauteur du soleil en cette saison et l'atmosphère moins humide de la ville brésilienne peuvent expliquer cette différence de comportement.

Tableau 1. Températures de surface (bande 10 du satellite Landsat 8) et températures et humidité relative de l'air à Presidente Prudente et Rennes pendant les jours analysés.

	Presidente Prudente				Rennes			
	25/10/2019 (jour)		16/11/2019 (nuit)		14/11/2019 (jour)		18/11/2019 (nuit)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Température de surface sur l'image LANDSAT (°C)	26.6	38.8	13.1	23.6	3.7	9.7	-1.5	7.8
Température de l'air lors du passage du satellite (°C)	29.7		24		7.8		2.8	
Humidité relative de l'air lors du passage du satellite (%)	45%		52%		82%		100%	
Température de l'air (°C)	22.1	35.8	19.8	33.4	0.6	10.6	2.2	10.6
Humidité relative de l'air (%)	22%	60%	23%	100%	60%	100%	75%	100%

La figure 1 montre la variation spatiale de l'intensité des températures de surface à Presidente Prudente prise le jour (25/10/2019) et la nuit (16/11/2019) et la figure 2, celles de Rennes (la journée du 14/11/2019 et la nuit du 8/11/2019). A Presidente Prudente, les zones urbaines se distinguent par des températures plus élevées de jour comme de nuit. La chaleur relative des surfaces construites et leur contraste avec la surface végétalisée, en particulier dans l'image de jour, est bien visible. A Rennes, la différence ville-campagne apparaît surtout la nuit et est presque imperceptible pendant la journée : comme signalé plus haut, la fin de l'automne ne permet pas aux différences liées à la végétation en zone rurale de s'exprimer et, pendant la journée, les températures de surface sont assez homogènes à l'exception de certaines zones industrielles périphériques qui apparaissent légèrement plus chaudes et certains parcs intra-urbains, légèrement plus frais.

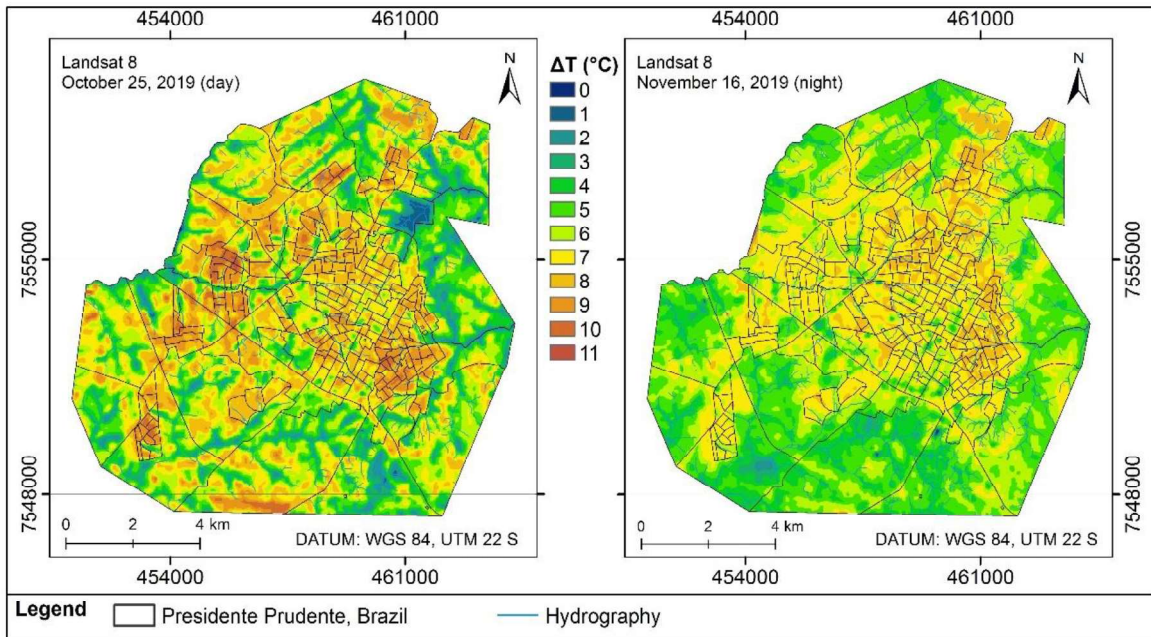


Figure 1. Intensité de l'îlot de chaleur de surface à Presidente Prudente/Brésil : journée du 25 octobre 2019 (scène Landsat 8, 222/75, canal 10) et nuit du 16 novembre 2019 (scène Landsat 8, 104/169, canal 10).

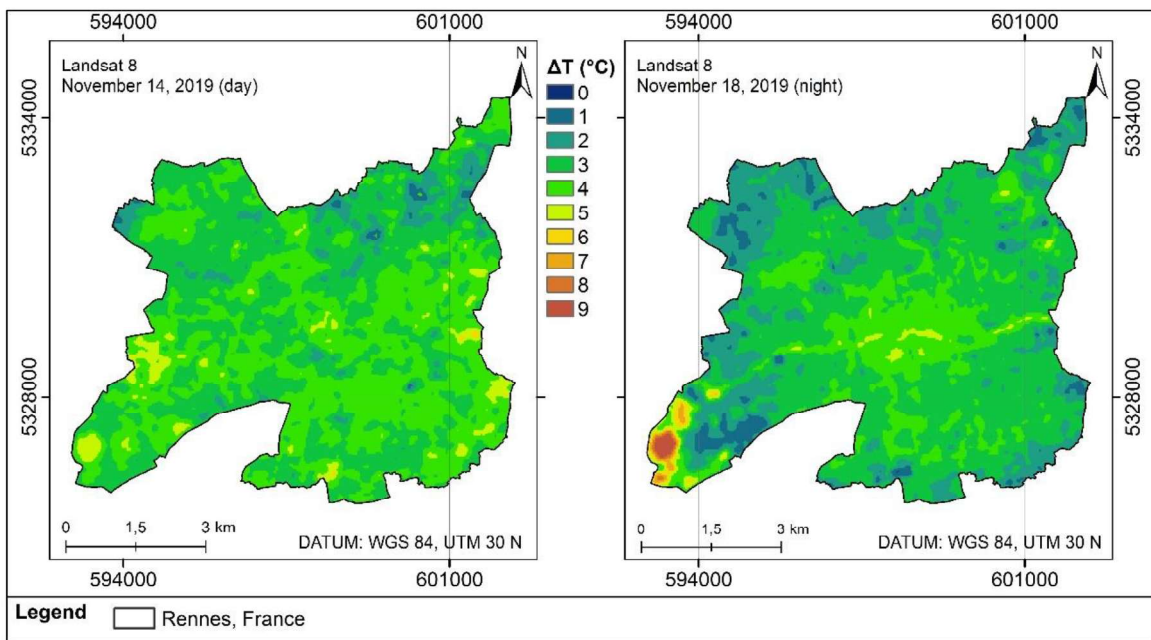


Figure 2. Intensité de l'îlot de chaleur de surface à Rennes/France: journée du 14 novembre 2019 (scène Landsat 8, 202/26, canal 10) et nuit du 18 novembre 2019 (scène Landsat 8 61/217, canal 10).

A Presidente Prudente, les vallées boisées sont systématiquement les surfaces les plus fraîches, de jour comme de nuit : cependant, le secteur de référence rural le plus frais pendant la journée (au nord-est) ne l'est plus pendant la nuit où le secteur le plus frais se trouve au sud-ouest. Enfin, les secteurs avec une forte présence d'eau au sud-ouest de Rennes apparaissent avec les températures de surface les plus élevées, surtout pendant la nuit où ces étendues se refroidissent peu.

## Conclusion

Les résultats de cette étude montrent que les îlots de chaleur de surface, avec des températures plus élevées dans les zones bâties, sont clairement définis à Presidente Prudente, de jour comme de nuit, dans des conditions de températures atmosphériques maximales élevées (supérieures à 30°C). À Rennes, du fait de conditions climatiques plus fraîches et humides, l'intensité de l'îlot de chaleur de surface était beaucoup plus faible pendant le jour que pendant la nuit, avec des températures de surface plus élevées enregistrées dans les zones industrielles le jour et sur les secteurs en eau la nuit. La nature des états de surface est donc très déterminante pour interpréter les images thermiques et il n'existe pas toujours de lien simple entre ces observations et les mesures de l'îlot de chaleur atmosphérique. Les recherches futures envisageront une approche plus fine entre température de surface et température de l'air avec des campagnes de mesures au sol intensives lors des heures de passage du satellite et la prise en compte des variations saisonnières du climat et de la végétation.

## Remerciements

Cette étude a été réalisée dans le cadre du programme CAPES/COFECUB Sh 941/19, CiClAMEn (*Cities, Climate And vegetation: Modeling and Environmental public policies*). Les auteurs remercient le *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ* – Bourse de productivité en recherche - Processus: 307191/2018-4.

## Bibliographie

- Amorim M. C. C. T., 2000. *O clima urbano de Presidente Prudente/SP*. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 374p.
- Amorim M. C. C. T., 2018. Spatial variability and intensity frequency of surface heat island in a Brazilian city with continental tropical climate through remote sensing. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, v. 9, 10-16.
- Amorim M. C. C. T., Dubreuil V., Quenol H., Sant'Anna Neto J. L., 2009. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França). *Confins*, v. 7, 1-16.
- Amorim, M. C. C. T., Dubreuil V., 2017. Intensity of Urban Heat Islands in Tropical and Temperate Climates. *Climate*, v. 5, 91-104.
- Barbosa H. P., Dubreuil V., Amorim M. C. C. T., 2017. Utilização de imagens do satélite Landsat 8 para a análise da emissividade e da temperatura de superfície da aglomeração urbana de Rennes (França). XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2017, Santos. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Santos : INPE, v. 1, 4542-4549.
- Dubreuil V., Fante K.P., Planchon O., Sant'Anna Neto J. L., 2017. Les types de climats annuels au Brésil : Une application de la classification de Köppen de 1961 à 2015. *EchoGéo*, 41.
- Fernández García F., 1996. *Manual de climatología aplicada: clima, medio ambiente y planificación*. Madrid, Editorial síntesis, S.A. 285p.
- Foissard X., Dubreuil V., Quenol H., 2019. Defining scales of the land use effect to map the urban heat island in a mid-size European city: Rennes (France). *Urban Climate*, 29 (2019) 100490.
- Jensen J. R., 2009. *Sensoriamento Remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres*. 2ª ed. São José dos Campos: Parênteses.
- Matseon M., McClain E. P., McGinnis D. F. Jr., Pritchard J. A., 1978. Satellite Detection of Urban Heat Islands. *Monthly Weather Review*, 106, 1725-1734.
- Oke T. R., Mills G., Christen A., Voogt J. A., 2017. *Urban Climates*. Cambridge, Cambridge University Press/