

**Análise da urbanização da cidade de Barra do Bugres/MT a partir da
supressão de áreas vegetadas por meio de sensoriamento remoto**

Natallia Sanches e Souza

Professora Doutora, UNIVAG, Brasil
natallia@univag.edu.br

Diana Carolina Jesus de Paula

Professora Doutora, UNIVAG, Brasil.
Diana.paula@univag.edu.br

Keylyane Santos da Silva Alves

Doutora, UFMT, Brasil.
keylyanesds@gmail.com

Jeane Aparecida Rombi de Godoy

Professora Doutora, UNIVAG, Brasil.
urbanista.jeane@gmail.com

RESUMO

A implantação da Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT em Barra do Bugres - MT, impulsionou seu desenvolvimento urbano, na medida em que a cidade passou a se constituir em um polo atrativo local e regional. As demandas advindas intensificaram, sobretudo, o crescimento o físico espacial da cidade, acarretando a supressão de áreas vegetadas durante seu processo de intensa urbanização. A urbanização desencadeia mudanças no uso e cobertura do solo, gerando assim impactos nas relações entre os ciclos energéticos sobre a superfície. Desta forma, o objetivo geral desta pesquisa foi analisar a urbanização de Barra do Bugres-MT a partir da relação espaço-temporal da temperatura da superfície e com índice de vegetação (NDVI) por meio de imagens TM (Thematic Mappes) do sensor Landsat 5 nos anos de 1987 e 2010. Analisando a distribuição da temperatura da superfície constatou-se que os maiores valores, se concentraram nas porções norte e leste, porções mais densamente urbanizadas. Os menores valores de NDVI foram encontrados na porção leste, onde há maior densidade urbana. No entanto, os maiores valores de NDVI foram encontrados em regiões da porção oeste, onde apesar de haver maior supressão de áreas vegetadas de 1987 para 2010, observa-se menor densidade urbana e maior presença de vegetação nativa. O uso de sensoriamento remoto e do NDVI mostraram-se uma ferramenta viável para análise do processo de urbanização em Barra do Bugres-MT entre os anos de estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Clima urbano. Landsat. Vegetação.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento das cidades é um processo inevitável e, provavelmente, será irreversível, estima-se que até 2030 mais pessoas terão deixado as zonas rurais. As maiores taxas de crescimento são em países desenvolvidos ou em desenvolvimento. Estima-se que na metade do século o total da população urbana destes países vai mais que dobrar, passando de 2,5 bilhões em 2010 para 5,3 bilhões em 2050 (ONU, 2023).

As rápidas mudanças espaço-temporais do uso e cobertura do solo em ambiente urbano apresentam grandes impactos nas relações entre os ciclos energéticos sobre a superfície. O principal fator que contribui para as essas mudanças nas características da superfície é a substituição da vegetação por materiais artificiais, tais como asfalto e concreto (OLIVEIRA et al., 2013).

Devido a extensão das áreas urbanas e a dificuldade de monitorar os processos físicos por meio de instrumentos *in situ*, sensores instalados em satélites fornecem dados quantitativos do espaço físico em resoluções espaciais e temporais. A utilização de imagens por meio de sensoriamento remoto constitui uma importante ferramenta para análise e estudo das alterações climatológicas. Em áreas urbanas, são utilizadas principalmente na relação do uso e cobertura do solo, pois possibilita estimar parâmetros como temperatura da superfície, albedo da superfície e índices de vegetação (SANTANA et al. 2010; SOUZA et al. 2016).

A temperatura de superfície é um dos principais dados que podem ser estimados a partir das imagens da banda termal. A relação entre a temperatura da superfície e a densidade de vegetação é um estudo crescente no ramo do sensoriamento remoto (XIAN & CRANE, 2006; WENG & LU, 2008).

O estado de Mato Grosso teve expressivo crescimento populacional na década de 70, proporcionando um aumento dos estudos sobre inferências da urbanização no microclima. No município de Barra do Bugres, houve grande influência de sua base econômica no cenário urbano. Com a instalação da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, a cidade passou a abrigar a população universitária e com isso ocupar a porção noroeste da cidade,

acarretando em alterações no meio urbano como retirada de vegetação e uso de materiais urbanos (CARIGNANI et al., 2008; SANTOS et. al., 2013).

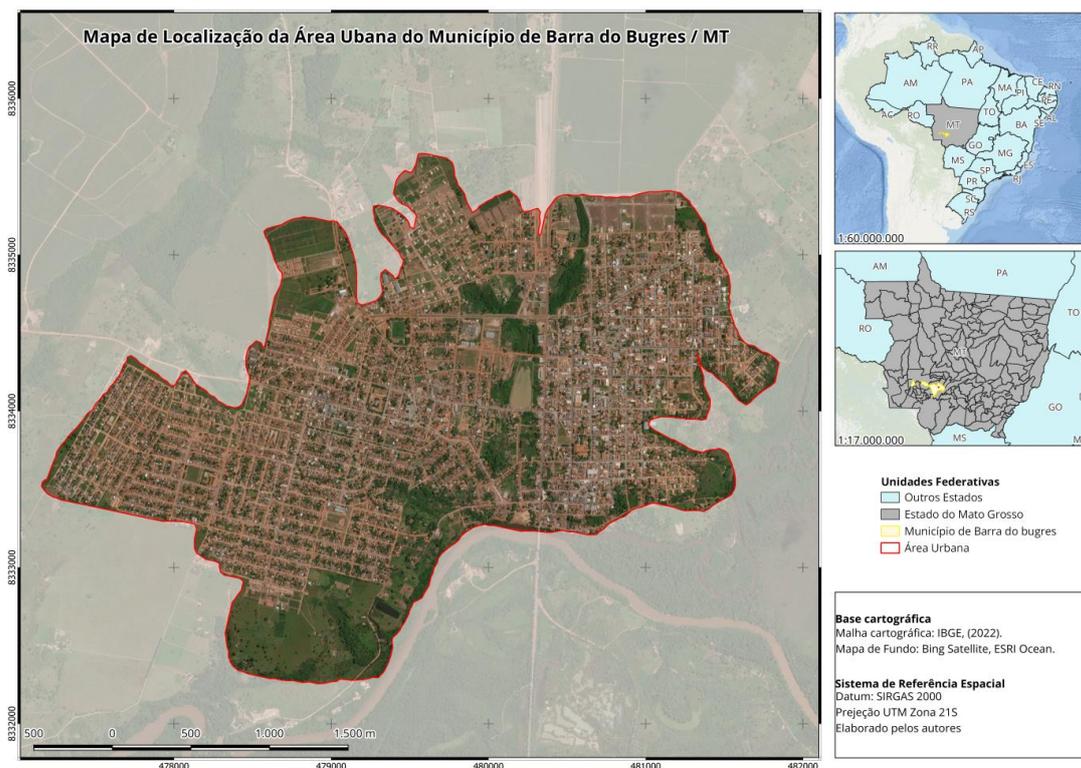
Deste modo, o objetivo geral desta pesquisa foi analisar a urbanização de Barra do Bugres-MT a partir da relação espaço-temporal da temperatura da superfície com índice de vegetação normalizada (NDVI) por meio de imagens TM (Thematic Mappes) do sensor Landsat 5 nos anos de 1987 e 2010.

2 MATERIAIS E MÉTODO

2.1 Área de Estudo

O município de Barra do Bugres (figura 1), com coordenadas de latitude 15°04'21" S e longitude 57°10'52" O, localiza-se no estado de Mato Grosso a 160km de distância da capital, Cuiabá (figura 1). O clima regional de acordo com a classificação de Köppen é Aw, que representa um clima tropical semi-úmido, com duas estações bem definidas, uma seca (maio-setembro) e uma chuvosa (novembro-abril). As temperaturas médias anuais oscilam entre 25°C e 26°C (SOUZA et al., 2015).

Figura 1 – Localização da área urbana de Barra do Bugres, Mato Grosso, Brasil.



Fonte: Autores (2023).

O município de Barra do Bugres ao longo do tempo teve várias mudanças na base econômica, influenciando o cenário urbano consideravelmente. Com a abertura da MT-343 na década de 1970 a cidade passou a ser dividida ao meio, separando o centro e a periferia. Após

a implantação de uma usina em 1980, com a industrialização da cana-de-açúcar a cidade passou a atrair grande quantidade de mão-de-obra e a ocupar a porção norte do município, sentido Tangará da Serra, sendo que anteriormente, a maior concentração urbana estava à beira do rio do Bugres (BARRA DO BUGRES, 2018).

A prefeitura, que durante vários anos ficou localizada a beira do rio, em 1988 foi transferida para o atual centro da cidade, assim marcando a ocupação da porção leste do município, intensificado em 1994 com a instalação do campus universitário da UNEMAT.

2.2 Imagens de Satélite

Para o desenvolvimento deste estudo, foram utilizadas imagens obtidas do satélite Landsat 5 (Land Remote Sensing Satellite), sensor TM (Thematic Mapper), órbita 227, ponto 070, com resolução espacial de 120 m para as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, e de 120 m para a banda 6, por meio da plataforma ESPA (<https://espa.cr.usgs.gov/>).

As imagens obtidas foram as cartas de Temperatura da Superfície - TS e do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (Normalized difference vegetation index - NDVI) dos dias julianos 309/1987 (período quente-úmido - Qu), 213/1987 (período quente-seco - Qs), 116/2010 (período quente-úmido - Qu), 164/2010 (período quente-seco - Qs) da área urbana do município de Barra do Bugres-MT.

2.3 Análise dos Dados

Para análise da variância dos valores de temperatura da superfície e do NDVI nos períodos quente-seco e quente-úmido nos dois anos estudados, foram selecionados empiricamente dez pontos (figura 2).

Figura 2 – Localização dos pontos de extração dos dados na área urbana de Barra do Bugres.



LEGENDA

- Pontos - Área Construída
- Pontos - Área Vegetada
- Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
- Área Urbana de Barra do Bugres

0 495 990 1.980 Metros



Fonte: Autores (2023).

Cinco pontos representam área construída e cinco pontos representam área vegetada, com coordenadas em UTM de acordo com a tabela 1.

Tabela 1 - Coordenadas em UTM dos pontos estudados.

Ponto	Longitude	Latitude	Cobertura do solo
1	480180	8334462	Área vegetada
2	480503	8334806	Área vegetada
3	480035	8334657	Área vegetada
4	481423	8334131	Área vegetada
5	479099	8332544	Área vegetada
6	478989	8334004	Área construída
7	480862	8334333	Área construída
8	480658	8333552	Área construída
9	478455	8333718	Área construída
10	481162	8334727	Área construída

Fonte: Autores (2023).

Com intuito de melhoria na classificação nos mapas de NDVI e TS, utilizou-se a regra de Sturges, a escolha deste método é devido a adequação aos mais variados tamanhos de amostras. Todavia, tem a finalidade de determinar a quantidade de classes e o intervalo em cada uma (SPIEGEL, 1993).

Por meio dos valores de temperatura da superfície e do NDVI obtidos nos pontos, foram realizados os gráficos boxplot, apresentando assim, as amplitudes e diferenças entre coberturas do solo e períodos. Assim como o gráfico da relação entre NDVI e Temperatura da superfície juntamente com análise estatística de correlação de Pearson (valor- $p < 0,001$).

3 RESULTADOS / DISCUSSÕES

Foi possível observar que em ambas as classes, ou seja, área vegetada e área construída, o NDVI se manteve com valores maiores no período quente-úmido, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Valores de NDVI e TS relacionados aos períodos quente-seco (Qs) e quente-úmido (Qu) entre os anos de estudo de acordo com a cobertura do solo.

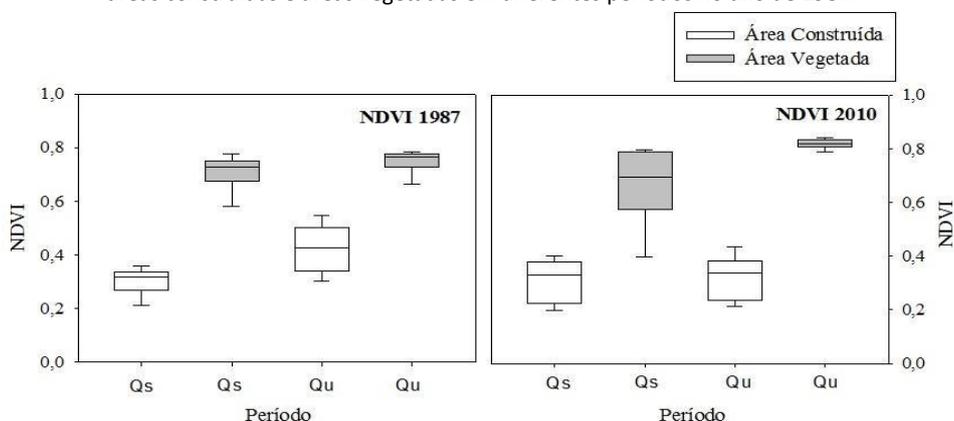
Ano	Período	Cobertura do solo	NDVI	TS
1987	Ano todo	Total	0,52±0,08	22,7±0,6
1987	Qu	Área Construída	0,41±0,04	23,6±0,5
1987	Qu	Área vegetada	0,68±0,08	22,3±0,7
1987	Qu - Total	-	0,55±0,09	23,0±0,6
1987	Qs	Área Construída	0,35±0,05	23,7±0,6
1987	Qs	Área vegetada	0,64±0,12	21,1±1,1
1987	Qs - Total	-	0,50±0,11	22,4±1,0
2010	Ano todo	Total	0,42±0,10	26,3±1,5
2010	Qu	Área Construída	0,28±0,05	31,1±0,3
2010	Qu	Área vegetada	0,77±0,02	27,9±0,7
2010	Qu - Total	-	0,52±0,15	29,5±1,0
2010	Qs	Área Construída	0,21±0,02	23,8±0,4
2010	Qs	Área vegetada	0,42±0,04	22,3±0,1

Fonte: Autores (2023).

Observando os valores para o ano de 1987, a área construída teve um aumento de 41% no valor de NDVI entre os períodos quente-seco e quente-úmido, enquanto que a área vegetada apresentou um aumento de 2% entre os períodos. Para o ano de 2010 a área construída teve um aumento de 0,03% entre os períodos enquanto que a área vegetada teve um aumento de 23% no seu valor de NDVI entre os períodos.

Entre os anos estudados constatou-se um acréscimo de 4% no período quente seco e um decréscimo de 30% no período quente-úmido na área construída. Entretanto a área vegetada apresentou um decréscimo de 8% no período quente-seco e um acréscimo de 10% no período quente-úmido (figura 3).

Figura 3 – Boxplot NDVI (índice de vegetação de diferença normalizada) e TS (Temperatura da Superfície) em áreas construídas e áreas vegetadas em diferentes períodos no ano de 1987.

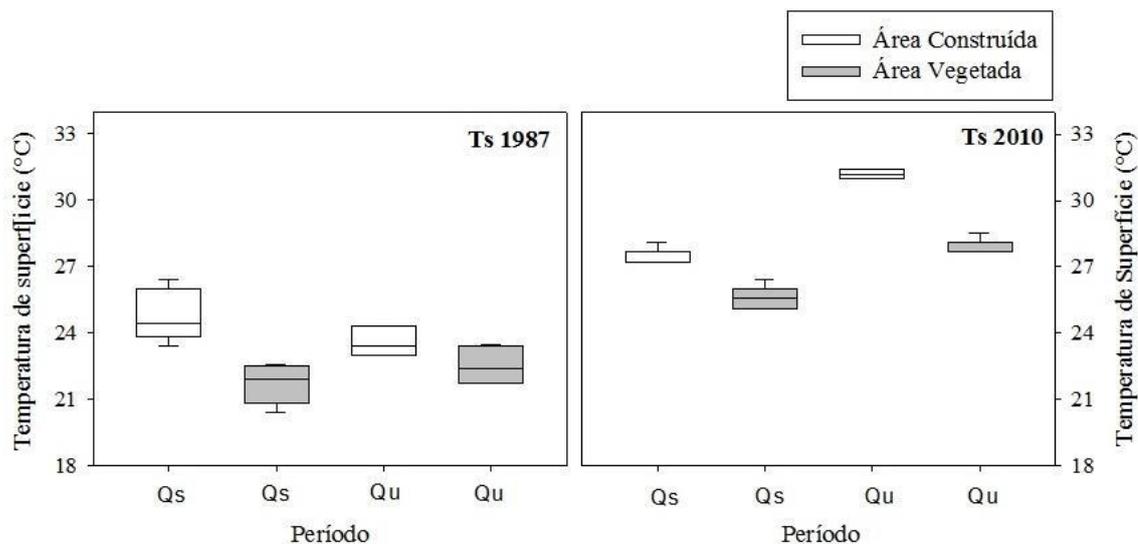


Fonte: Autores (2023).

No período quente-seco de 2010 foi possível observar uma diminuição no valor mínimo de NDVI da área vegetada. Isto devido ao fato de no período quente-seco, a vegetação possuir menor densidade, podendo se tornar uma área de solo exposto, com valor aproximado de 0,40, classificado por Chen et al. (2006) como solo exposto.

Os dados encontrados permitiram observar que a temperatura de superfície em ambas as classes e períodos, apresentaram menor amplitude térmica em 2010 quando comparado com 1987. Sendo que a área construída apresentou maiores valores que a área vegetada (figura 4).

Figura 4 – Boxplot NDVI e TS em áreas construídas e áreas vegetadas em diferentes períodos no ano de 1987 e 2010.



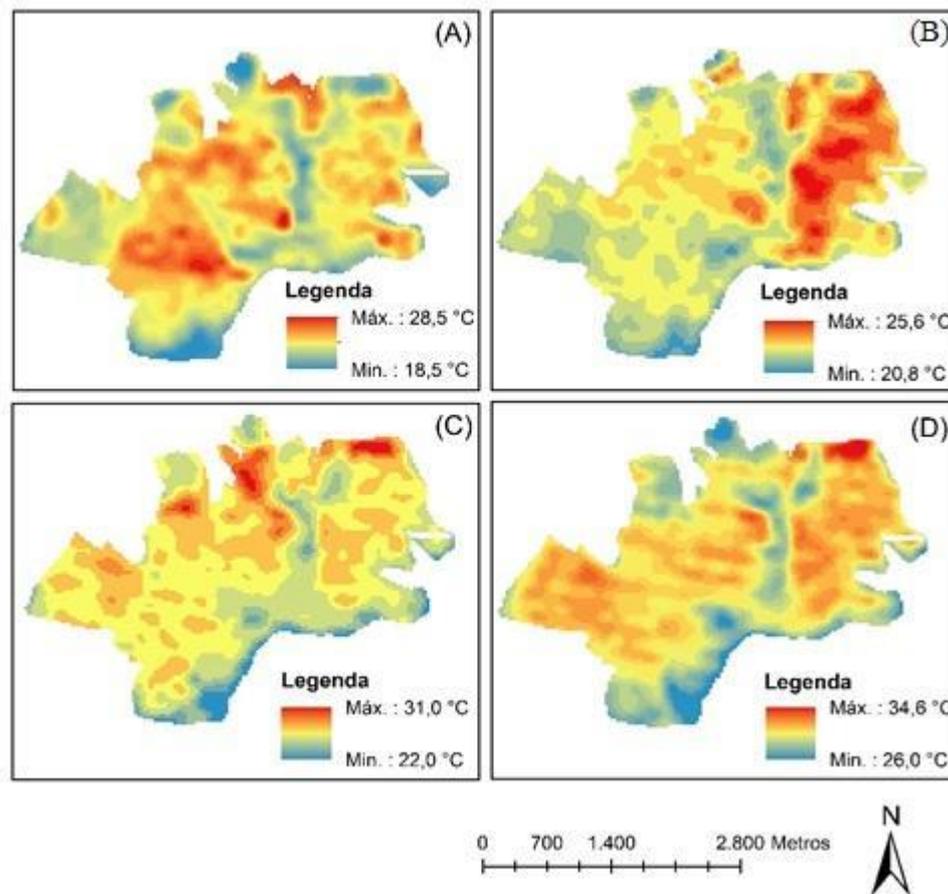
Fonte: Autores (2023).

No ano de 1987, a área construída teve um decréscimo de 5% na TS entre os períodos quente-seco e quente-úmido, ao passo que a área vegetada apresentou um aumento de 5% entre os períodos. Para o ano de 2010 a área construída teve um aumento de 13% enquanto que a área vegetada teve um aumento de 10% no seu valor de TS entre os períodos.

Considerando os anos estudados foi possível constatar na área construída um aumento de 32% na TS no período quente-úmido e de 12% no período quente-seco. Enquanto que a área vegetada apresentou um acréscimo de 18% e 25%, no período quente-seco e período quente-úmido, respectivamente.

Por meio dos mapas foi possível observar a espacialização da temperatura da superfície que acompanha os tipos de uso e ocupação do solo (figura 5).

Figura 5 – Distribuição espacial da temperatura da superfície (°C) (A) 1987 – Qs (B) 1987 – Qu (C) 2010 – Qs (D) 2010 - Qu.



Fonte: Autores (2023).

O período quente-seco de 1987 apresentou uma distribuição mais heterogênea em comparação ao período quente-úmido (figura 5B), porém com amplitude térmica de 10°C enquanto o período quente-úmido houve uma amplitude de 4,9°C. Desta maneira, foi possível observar a influência do rio, localizado ao sul do município, na temperatura da superfície, foi a porção que apresentou as menores temperaturas em ambos os períodos.

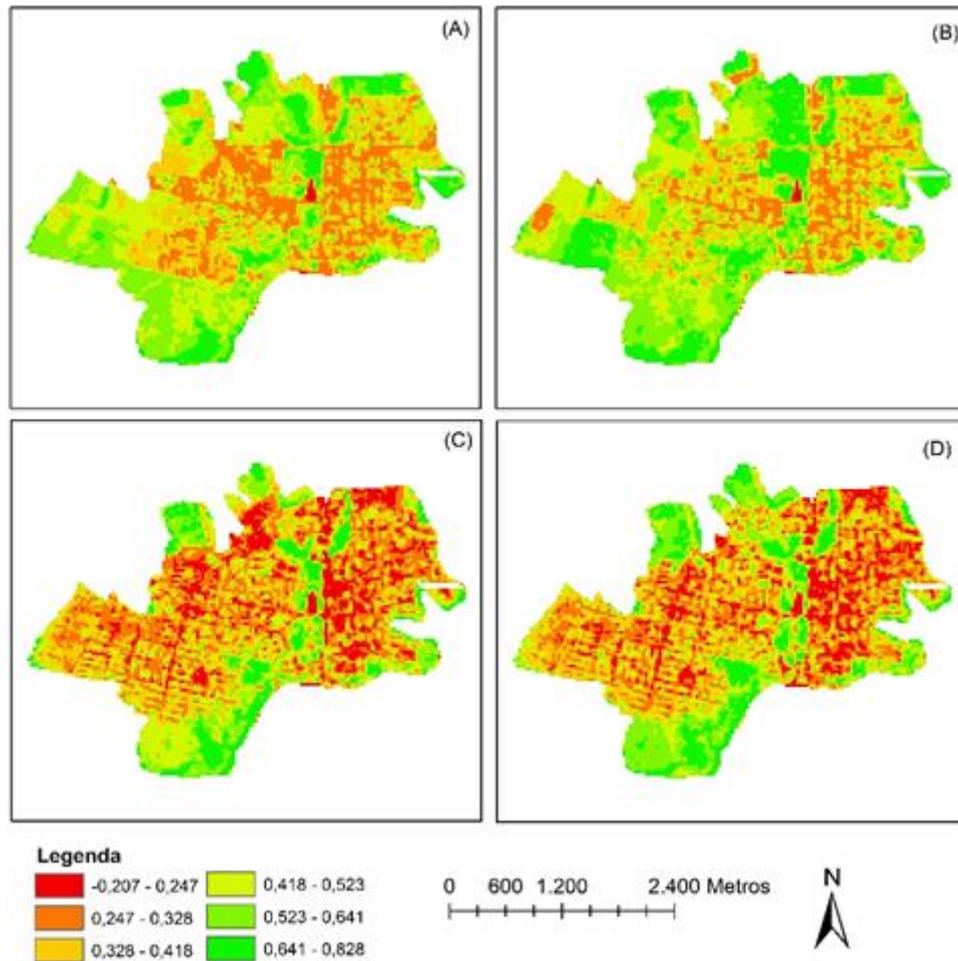
No período quente-úmido, a maior temperatura da superfície se concentra na porção nordeste e leste do município, onde se localiza a área mais urbanizada, corroborando com diversos estudos (COSTA et al. 2010; FRANÇA & GOMES, 2014).

Foi possível observar em 2010 o aquecimento em comparação a 1987 em ambos os períodos, e a heterogeneidade da distribuição da temperatura da superfície, devido ao crescimento da cidade e a utilização dos diferentes materiais recobrindo o solo que exercem influência em escala microclimática (SOUZA et al. 2016; LUCENA et al. 2012).

No período quente-seco (figura 5C) a variação térmica no ambiente urbano foi de 9°C. Enquanto que no período quente-úmido a variação foi de 8,5°C. As maiores amplitudes térmicas foram encontradas nas porções norte e leste, regiões mais urbanizadas, justificado pela maior heterogeneidade das superfícies, tendo diversas coberturas do solo e diferentes densidades e arranjos (ZHOU et al. 2014).

Com relação ao NDVI, foi possível observar em 1987 no período quente-úmido os maiores valores em toda a distribuição do município, principalmente na porção sudoeste, onde há vegetação nativa. Isto devido a absorção fotossintética da radiação eletromagnética do comprimento de onda do vermelho (BEZERRA et al. 2014; ALBUQUERQUE et al. 2014) (figura 6).

Figura 6 – Distribuição espacial do NDVI (A)- 1987 – Período quente-seco (B) 1987 – Período quente-úmido (C) 2010 – Período quente-seco (D) Período quente-úmido.



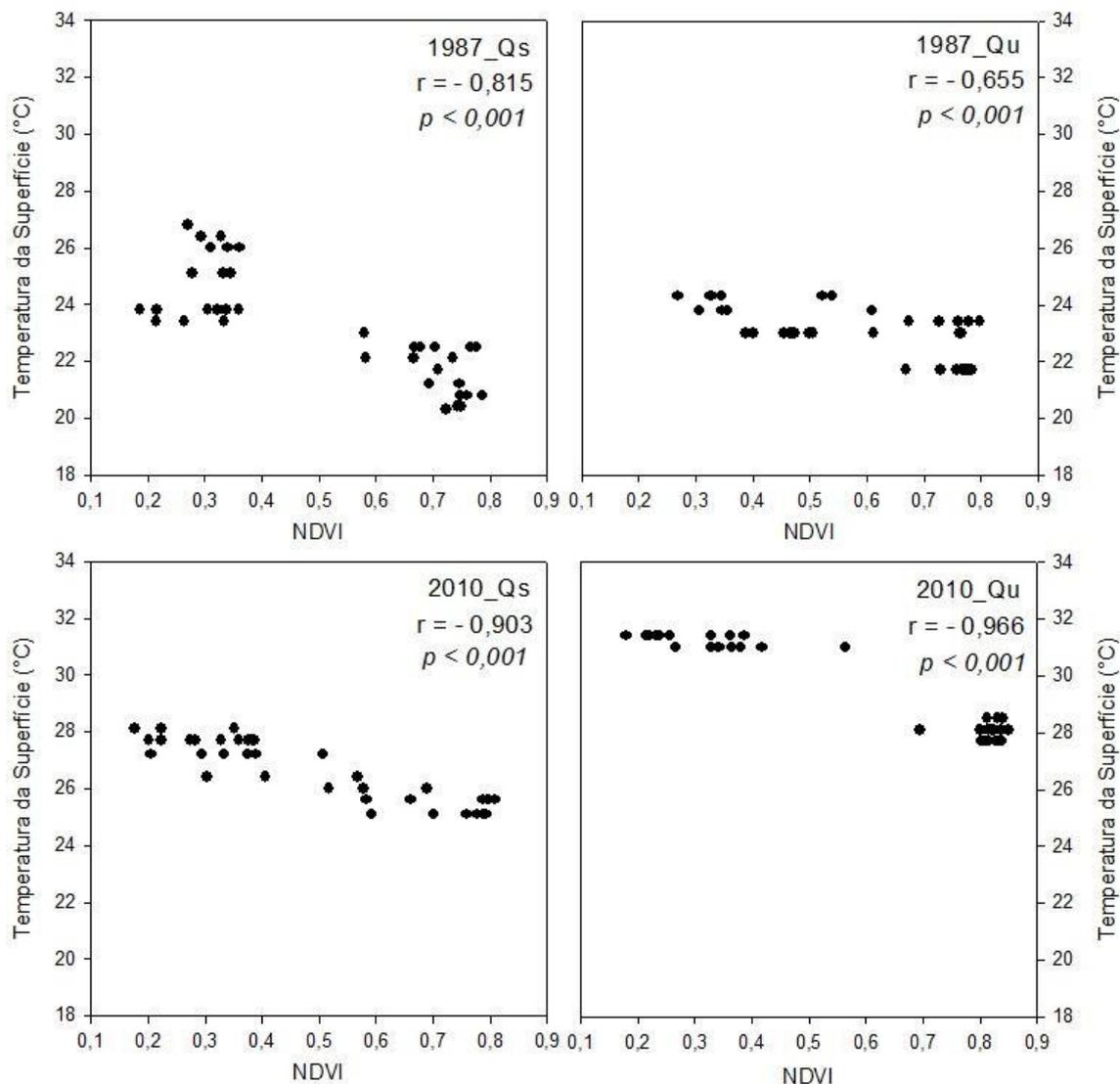
Fonte: Autores (2023).

Constatou-se a supressão de áreas vegetadas em todo o município entre 1987 e 2010, apesar da porção leste ser a área com maior nível de urbanização, ressalta-se que na porção oeste houve maior supressão de áreas vegetadas.

A implantação das construções aumentou as áreas com baixos valores de NDVI, em razão da retirada da cobertura vegetada e sua substituição por estruturas urbanas, como asfalto e concreto. Os materiais de superfície impermeáveis influenciam na elevação da temperatura através do balanço de energia, onde toda energia absorvida pela superfície será armazenada nos materiais em forma de calor, com isso aumentando a temperatura da superfície, o que foi comprovado na porção oeste do município (GABOR & JOMBACH, 2009).

Por meio do gráfico de dispersão foi possível constatar a correlação inversa entre os valores de NDVI e Ts. O aumento no valor de NDVI provoca uma diminuição no valor de temperatura da superfície (figura 7).

Figura 7 – Relação entre NDVI e Temperatura da superfície (TS).



Fonte: Autores (2023).

Nos períodos quente-úmido para os anos analisados se constata uma maior concentração dos dados, isto devido a maior concentração de vapor d'água na atmosfera em comparação ao período quente-seco, agindo como um regulador térmico. Deve-se ressaltar que a escolha dos pontos onde ocorreu a extração dos dados foi feito com base em imagens de satélite do ano de 2010, sendo assim, não há como assegurar que no ano de 2010 os locais considerados área construída no período de 1987 poderiam ser terrenos vazios ou até áreas de vegetação rasteira. Assim, explica-se a menor correlação (0,655) encontrada no período quente-úmido do ano de 1987.

O índice de vegetação por diferença normaliza (NDVI) estimado nesta pesquisa foram semelhantes aos valores estimados para locais em áreas de transição Cerrado-Amazônia, sendo que, nesse caso, os valores ficaram próximo a 0,7 e para Cerrado (RISSO et al., 2012). O NDVI pode ser utilizado como parâmetro da dinâmica espaço-temporal de uso e cobertura do solo, devido a elevada sensibilidade de detectar a radiação visível e infravermelho em superfície (BEZERRA et al. 2014).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O satélite Landsat 5, mostrou-se uma ferramenta adequada para análise da distribuição espacial da temperatura da superfície e do NDVI. O NDVI se mostrou um ótimo instrumento para observar o processo de urbanização em Barra do Bugres – MT entre os anos de estudo.

Analisando a distribuição da temperatura da superfície constatou-se que os maiores valores se concentraram nas porções norte e leste, porções mais densamente urbanizadas. Os menores valores de NDVI foram encontrados na porção leste, onde há maior densidade urbana. Entretanto os maiores valores de NDVI foram encontrados em regiões da porção oeste, onde apesar de haver maior supressão de áreas vegetadas de 1987 para 2010, ainda é onde há menor densidade urbana e maior presença de vegetação nativa.

Portanto, a metodologia utilizada nesta pesquisa para analisar o processo de urbanização que ocorreu no município, devido ao crescimento populacional influenciado pela instalação do campus da UNEMAT em Barra do Bugres, foi satisfatória. Pois, permitiu observar altos valores de temperatura de superfície nas porções mais urbanizadas, em razão do aumento de materiais impermeáveis e baixos valores de NDVI nas porções com diminuição de áreas vegetadas.

4 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, E. M.; ANDRADE, S. C. P.; MORAIS, H. F.; DINIZ, J. M. T.; SANTOS, C. A. C. Análise do comportamento do NDVI e NDWI sob diferentes intensidades pluviométricas no município de Sousa-PB. *Revista Estudos Geoambientais*, v. 1, p. 1-11, 2014.

BARRA DO BUGRES. **Prefeitura Municipal de Barra do Bugres**. Disponível em: <http://www.barradobugres.mt.gov.br/O-Municipio/Caracteristicas/10/>. Acesso em 11 de setembro de 2018.

BEZERRA, P. T.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; AZEVEDO, P. V. Ilhas de calor e desconforto térmico no semiárido brasileiro: um estudo de caso na cidade de Petrolina-PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*. v. 06, n.03, p. 427-441, 2014.

CARIGNANI, G.; AZEREDO, J.; FERREIRA, A. P. *Análise bioclimática em habitações obedecendo uma sequência temporal e diversidade de técnicas construtivas na cidade de Barra do Bugres – MT*. In: Anais XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2008, Fortaleza/CE.

CHEN, X. L.; ZHAO, H. M.; LI, P.X.; YIN, Z.Y. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. *Remote Sensing of Environment*, v. 104, p. 133-146, 2006.

COSTA, D. F.; SILVA, H. R.; PERES, L. F. Identificação de ilhas de calor na área urbana de Ilha Solteira - SP através da utilização de geotecnologias. *Revista Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.30, n.5, p. 974-985, set./out. 2010.

FRANÇA, M. S.; GOMES, E. S. Índícios de ilha de calor urbana em Sorriso/MT. *Revista Monografias Ambientais – REMOA*, v.14, n.3, p. 3366-3376, 2014.

GABOR, P.; JOMBACH, S. The relationship between the biological activity and the land surface temperature in Budapest. *Applied Ecology and Environmental Research*, v. 7, p. 241–251, 2009.

LUCENA, A. J.; FILHO, O. C. R.; FRANÇA, J. R. A.; PERES, L. F.; XAVIER, L. N. R. Urban climate and clues of heat island events in the metropolitan area of Rio de Janeiro. *Springer*, p. 497-511, 2012.

OLIVEIRA, A. S.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; SANCHES, L.; DE MUSIS, C. R. Microclima urbano – praças públicas em Cuiabá/MT/BRASIL. *Revista Caminhos de Geografia*, Uberlândia v.13, n. 43, p. 311-325, out/2013.

ONU – Organização das Nações Unidas. *Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas*, 2023.

RISSE, J.; RIZZI, R.; RUDORFF, B. F. T.; ADAMI, M.; SHIMABUKURO, Y.E.; FORMAGGIO, A.R.; EPIPHANIO, R.D.V. Índices de vegetação MODIS aplicados na discriminação de áreas de soja. *Pesquisa Agropecuária*. Brasileira, Brasília, v.47, n.9, p.1317-1326, 2012.

SANTANA, O. A.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; PIMENTEL, C. M. M.; GOMES, R. A. T.; OLIVEIRA, S. N. Modelagem de espectros temporais NDVI-MODIS, no período de 2000 a 2008, na bacia do Rio Paracatu, Brasil. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 28, n.1, p. 47-60, 2010.

SANTOS, F. M. M.; MUSIS, C. R.; NOGUEIRA, J. S.; PINTO-JÚNIOR, O. B.; NOGUEIRA, M. C. J. A. Análise da variação higrótérmica ocasionada pela influência da ocupação do solo na cidade de Cuiabá-MT. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 9, n. 9, p. 1932-1945, fev./2013.

SOUZA, J. F.; SILVA, R. M.; SILVA, A. M. Influência do uso e ocupação do solo na temperatura da superfície: o estudo de caso de João Pessoa–PB. *Ambiente Construído*, v. 16, n. 1, p. 21-37, 2016.

SOUZA, N. S.; MIRANDA, S. A.; SANTOS, F. M. M.; NOGUEIRA, M. C. J. A. *Conforto térmico em ambiente de ensino: estudo de caso em Barra do Bugres-MT*. In: Anais XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído, Campinas, 2015, Campinas/SP.

SPIEGEL, M. R. *Estatística*. 3. Ed. São Paulo: Books, 1993. 643p. (Coleção Schaum).

WENG, Q.; LU, D. A sub-pixel analysis of urbanization effect on land surface temperature and its interplay with impervious surface and vegetation coverage in Indianapolis, United States. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v.10, n.1, p. 68-83, 2008.

XIAN, G.; CRANE, M. An analysis of urban thermal characteristics and associated land cover in Tampa Bay and Las Vegas using Landsat satellite data. *Remote Sensing of Environment*, Oxford, v.104, p.147-156, 2006.

ZHOU, D.; ZHAO, S.; LIU, S.; ZHANG, L.; ZHU, C. Surface urban heat island in China's 32 major cities: Spatial patterns and drivers. *Remote Sensing of Environment*, v. 152, p. 51-61, 2014.