http://journal.unoeste.br/index.php/ce/index
DOI: 10.5747/ce.2020.v12.n2.e323
ISSN on-line 2178-8332

Colloquium Exactarum

Submetido: 25/06/2020 Revisado: 26/08/2020 Aceito: 04/09/2020

VARIAÇÃO DO ÍNDICE NDVI E DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE TERRESTRE NA MALHA URBANA DO MUNICÍPIO DE PARACATU – MG ENTRE 1985 E 2005

VARIATION OF THE NDVI INDEX AND THE TEMPERATURE OF THE TERRESTRIAL SURFACE IN THE URBAN NETWORK OF THE MUNICIPALITY OF PARACATU - MG BETWEEN 1985 AND 2005

Arthur Pereira dos Santos[1], Henzo Henrique Simionatto[2], Elson Mendonca Felici[2]

[1]Universidade Federal De Uberlândia – UFU - Uberlândia – MG. [2]Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, Presidente Prudente, SP.
E-mail: simionattohenzo@gmail.com.

RESUMO - Esta pesquisa objetivou avaliar, multitemporalmente, por meio do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e da temperatura da superfície (LST), a expansão da malha urbana do município de Paracatu (MG), que chegou a apresentar, durante o período analisado, entre os anos de 1985 e 2005, taxa de urbanização acima do Brasil. Foi elaborado um layout multitemporal contendo os resultados obtidos e realizado análises estatísticas para verificar se houve diferença significativa entre os anos. Verificou-se uma variação de mais de 2 ºC nas médias e máximas da sua LST. Em relação à variação do índice NDVI, observou-se a redução da vegetação com o decorrer da expansão da malha urbana. Foi possível concluir que a expansão urbana do município de Paracatu, atrelado à falta de planejamento urbano e ambiental, pode estar diretamente relacionada com as variações de LST e do índice NDVI, fato que influencia, diretamente, na saúde e no bem-estar dos munícipes.
Palavras-chave: LST; NDVI; crescimento urvank.

ABSTRACT - This research aimed to evaluate, multitemporally, through the index of vegetation by normalized difference (NDVI) and the surface temperature (LST), the expansion of the urban fabric of the municipality of Paracatu (MG), which came to present, during the analyzed period , between 1985 and 2005, urbanization rate above Brazil. A multitemporal layout was prepared containing the results obtained and statistical analyzes were performed to verify if there was a significant difference between the years. There was a variation of more than 2 ºC in the averages and maximum of your LST. Regarding the variation of the NDVI index, a reduction in vegetation was observed as the urban network expanded. It was possible to conclude that the urban expansion of the municipality of Paracatu, linked to the lack of urban and

environmental planning, may be directly related to the variations in LST and the NDVI index, a fact that directly influences the health and well-being of residents.
Keywords: LST; NDVI; urvank growth.

1. INTRODUÇÃO

A cidade pode ser considerada como uma área de particularidades climáticas resultante, principalmente, das interferências, da forma e da estruturas urbana no que diz respeito ao sistema de trocas de energia entre a superfície e a atmosfera (MOREIRA; AMORIM, 2015a), havendo a necessidade, portanto, de um planejamento urbano ambiental adequado que, ao ser realizado de forma correta, pode promover vantagens para a população local, minimizando assim, os impacto ambientais e sociais decorrentes de práticas errôneas e abusivas, haja vista que a qualidade de vida e ambiental dos habitantes de determinada área se constitui como um importante instrumento para analisar as condições socioambientais da população local (ARRUDA *et al.,* 2013).

No contexto descrito e ao se tratar de centros urbanos e expansão territorial, a formação de Ilhas de Calor Urbana (ICU) é considerada como um dos principais efeitos das modificações nos atributos biofísicos da paisagem sobre o clima local, sendo esse, definido pela diferença de temperatura entre a área urbana e as zonas periféricas pouco construídas (OLIVEIRA *et al*., 2018a; AMORIM *et al*., 2009) e, no Brasil, esse fenômeno foi correlatado por estudos em diversas cidades com intensa atividade industrial, como Vitória (ES), São Carlos (SP), Goiânia (GO), Manaus (AM) e Belém (PA) (OLIVEIRA *et al*., 2018b; CORREA *et al.,* 2015; NASCIMENTO; OLIVEIRA, 2011; BARBOSA; ALVALÁ, 2012; BARBOSA; VECCHIA, 2009) e também com pequenas atividades industriais (Presidente Prudente (SP), Rennes (França), Sorriso (MT)) conforme (AMORIM, 2017; DUBREUIL *et al.*, 2014; FRANÇA; GOMES, 2014).

Nesse sentido, a aplicação de geotecnologias na avaliação do território como subsídio ao planejamento ambiental pode permitir definir os setores de um território que apresentam peculiaridades ambientais. Assim, dependendo da situação encontrada, é possível propor o uso adequado, a preservação ou mesmo a recuperação ou reabilitação das áreas que se encontram degradadas por atividades que sejam incompatíveis com a sua vocação de uso. Ao lado disso, as geotecnologias também permitem delimitar as áreas potenciais ao crescimento urbano e industrial. De acordo com Oliveira e Silva (2016), é crescente a sua utilização em pesquisas de monitoramento ambiental, possibilitando à obtenção e o tratamento de dados e informações sobre os recursos naturais. Ademais, as geotecnologias têm apresentado um crescimento notório do volume de dados produzidos como ferramenta voltada para os estudos de planejamento envolvendo dimensões territoriais e um destaque deve ser dado aos dados adquiridos a partir de imagens multiespectrais adquiridas por satélites orbitais. Nesse contexto, para destacar as áreas ocupadas por vegetação, diferentes índices espectrais foram criados.

Dentre esses índices, destaca-se o Normalized Difference Index Vegetation (NDVI), que foi proposto por Rouse et al. (1973), sendo calculado pela diferença entre o vermelho e o infravermelho próximo dividida pela sua soma. A utilidade do NDVI já foi apresentada em diferentes campos, tais como, agricultura de precisão, estudo da fenologia da vegetação, em classificações espectrais e avaliações primárias de produtividades, conforme estudos correlatos (BEZERRA *et al.,* 2019; PORONGABA *et al.,*

2019; NHONGO *et al.,* 2017; ZANZARINI *et al.,* 2013). De acordo com Millán *et al.* (2013), o índice NDVI apresenta boa correlação com a biomassa e, segundo Oliveira *et al.* (2018c) e Abreu e Labaki (2010), o processo fisiológico de evapotranspiração das árvores é o responsável por condicionar a temperatura e a umidade relativa do ar do seu entorno, proporcionando, dessa forma, melhores sensações térmicas ao ambiente do local, sendo essa, denominada de termorregulação.

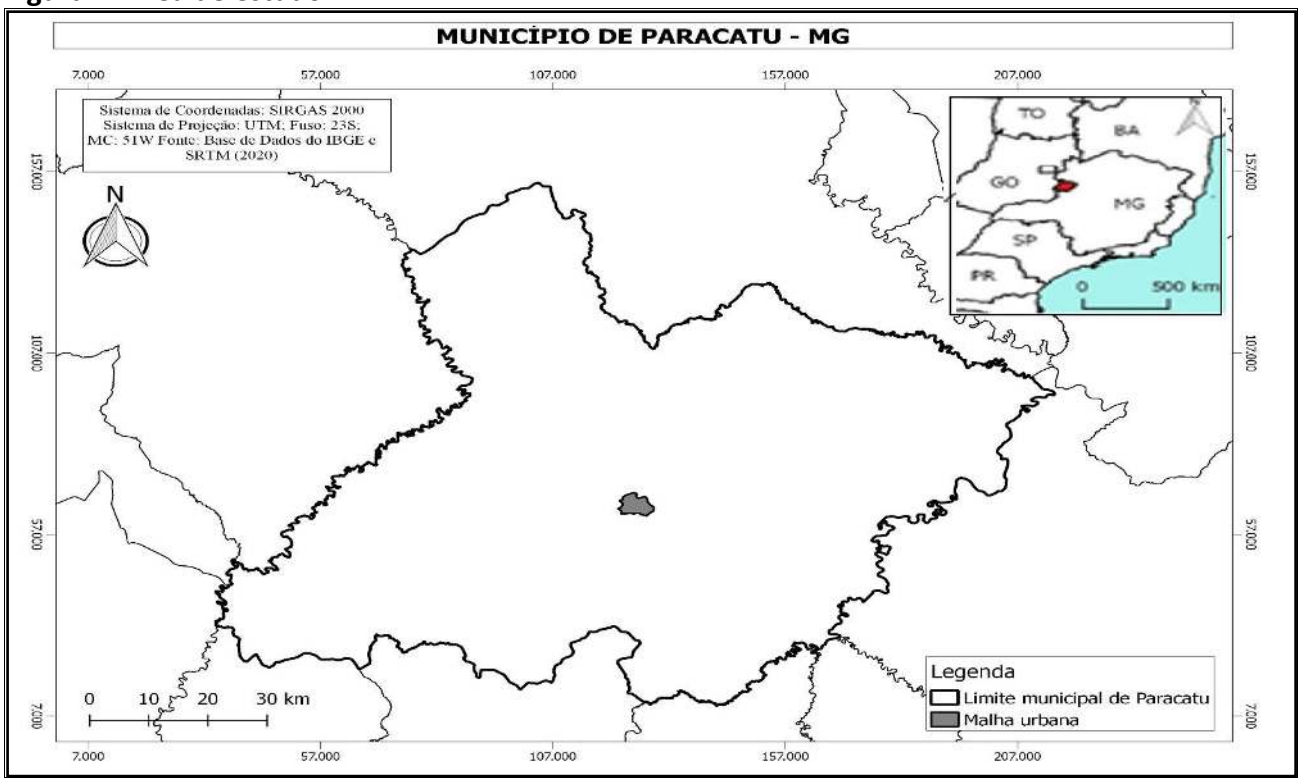
No contexto descrito e considerando que as imagens multiespectrais de satélites permitem detectar mudanças graduais e/ou abruptas em paisagens, e o uso de índices espectrais pode auxiliar na caracterização dessas mudanças de padrão, uma vez que realçam diferentes feições da superfície (OMAR et al., 2017), surge os seguintes questionamentos: 1) como avaliar o impacto da expansão de um município que apresentou, durante a série analisada, taxas de urbanização acima da do Brasil? (IDHM, 2013) e; 2) qual o comportamento da temperatura da superfície (LST) e do índice NDVI na malha urbana desse município? Nesse sentido, justifica-se este trabalho pela carência de estudos que envolvam a utilização de geotecnologia no município adotado, com a necessidade de elaboração de mapas temáticos que proporcionem apoio ao planejamento ambiental da área estudada, além da escassez de estudos que avaliem a combinação de índices espectrais e da temperatura da superfície (LST) na malha urbana em estudo.

Diante desse contexto, o presente trabalho objetivou analisar, entre os anos de 1985 e 2005, a variação da LST e do índice NDVI do município de Paracatu – MG. Como objetivos específicos, buscou-se verificar as diferenças estatísticas entre os anos analisados para cada parâmetro utilizado e elaborar um layout multitemporal que contemplasse, visualmente, as respectivas diferenças entre os anos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Paracatu (Figura 1) está localizado na mesorregião noroeste do estado de Minas Gerais, distando 220 km de Brasília e a 500 km de Belo Horizonte. Paracatu conta com uma população atual de aproximadamente 92 mil habitantes (IBGE, 2020).

Figura 1. Área de estudo.



Fonte: (IBGE, 2020).

A obtenção dos dados do satélite Landsat-5 iniciou-se com o cadastro no site do United States Geological Survey (USGS), no qual foram pesquisadas imagens de agosto, haja vista que esse mês encontra-se entre os meses mais secos do município, conforme a normal climatológica disponibilizada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e que, portanto, ocorre a menor interferência de fatores externos nas imagens de satélite. Para a análise multitemporal da área, calculou-se o índice espectral NDVI e a LST para as seguintes datas: 10/08/1985; 22/08/1995 e; 01/08/2005. Em vista do intervalo da série analisada, essa foi escolhida pela possibilidade de se analisar, estatisticamente e visualmente, as diferenças nas respostas espectrais das bandas utilizadas. O início deu-se no ano de 1985 pelo fato de esse ser o primeiro ano a ser analisado pela série Landsat-5 e, o ano de 2005 foi o último estudado pelo fato de se ter escolhido as análises de 10 em 10 anos, sendo esse, portanto, o último ano disponibilizado pelo satélite utilizado.

Com relação ao índice NDVI, utilizou-se a seguinte equação (Equação 1).

$$\frac{(\mathrm{NIR}\ \rho_{(830\mathrm{nm})} - \mathrm{RED}\ \rho_{(660\mathrm{nm})})}{(\mathrm{NIR}\ \rho_{(830\mathrm{nm})} + \mathrm{RED}\ \rho_{(660\mathrm{nm})})} \quad (1)$$

Onde: NIR corresponde à banda do infravermelho próximo e RED corresponde à banda localizada na região do vermelho.

Em seguida, separou-se as classes, sendo seus valores, adimensionais: <0,2; 0,2 - 0,4; 0,41 - 0,6; 0,61 - 0,8; >0,8.

Para o cálculo da LST das áreas em estudo, primeiramente, aplicou-se a Equação 2, disponibilizada pela USGS (2016), para se calcular a radiância da imagem.

$$L\lambda = (ML * QCal) + AL \quad (2)$$

Onde: ML = Fator multiplicativo de redimensionamento da banda; AL = Fator de redimensionamento aditivo específico da banda termal; Qcal= Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN;

Com a banda termal em radiância, adotou-se a Equação 3, disponibilizada pela USGS (2016), para verificar a LST em graus Celsius (ºC).

$$T = (K2/[ln\ (\ K1\ L\lambda + 1)])\ -\ 273.15 \qquad (3)$$

Onde: T = temperatura em Celsius; K2 = constante de calibração 2; K1= constante de calibração 1.

Em seguida, separou-se as classes, sendo seus valores expressos em ºC e compreendidos entre os intervalos: [<20], [20,1 – 22,0], [22,1 – 24,0], [24,1 – 26,0], [>26,1].

Em seguida, elaborou-se, com base na combinação RGB da imagem Landsat-5 e no conhecimento prévio da área, uma máscara que abrangesse a malha urbana para o último ano da série analisada (2005) e a aplicou nesse ano e nos demais.

Com relação a extração dos valores dos pixels das máscaras utilizadas, utilizou-se o software Environment for Visualizing Imagens, ENVI, em sua versão 5.2. Primeiramente, exportou-se as imagens da série multitemporal, após a aplicação do método do NDVI e da LST, do Qgis para o ENVI. Posteriormente, realizou-se a conversão dos pixels para a máscara no plug-in Region Of Interest (ROI) disponibilizado no ENVI. Por fim, exportou-se os valores das máscaras para um documento de texto. Com os valores de LST de todas as máscaras e de todos os anos da série, esses foram exportados para o aplicativo Action, em que aplicou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (KW) para as análises de LST, a um nível de significância de 1%, a fim de verificar se existia diferença significativa entre as LSTs entre os anos da série analisada e o teste paramétrico de Tukey (TK) para as análises do índice NDVI, a um nível de significância de 1%.

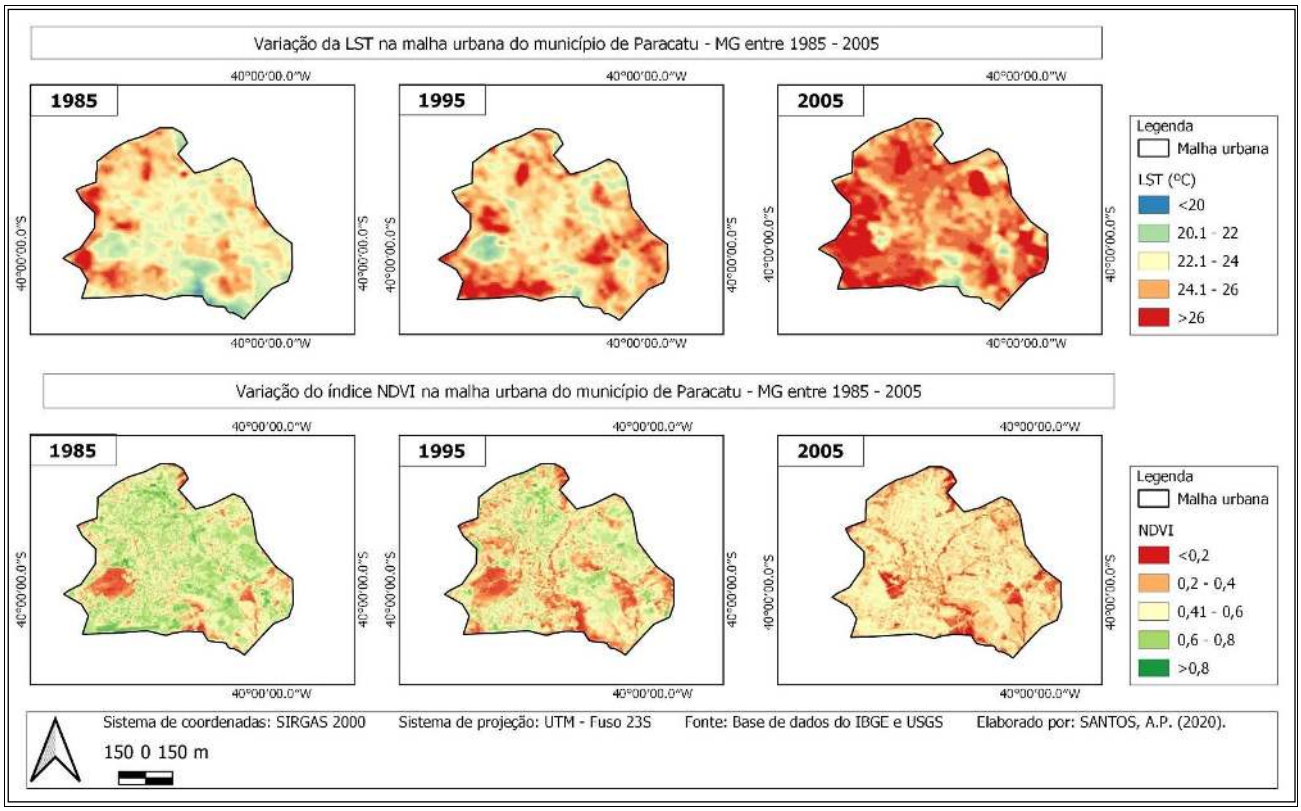
3. RESULTADOS E DISCUSÕES

Por meio da aplicação metodológica descrita, obteve-se os valores correspondentes ao índice NDVI e às LSTs referentes a cada ano da série temporal analisada para a malha urbana do município de Paracatu. A Figura 2 ilustra o layout multitemporal contendo as variações durante a série estudada.

Com relação a variação das médias da LST entre os anos analisados, bem como os seus valores mínimos e máximos, esses estão demonstrados na Figura 3 e, na Tabela 1, estão dispostos os resultados obtidos por meio do teste de KW.

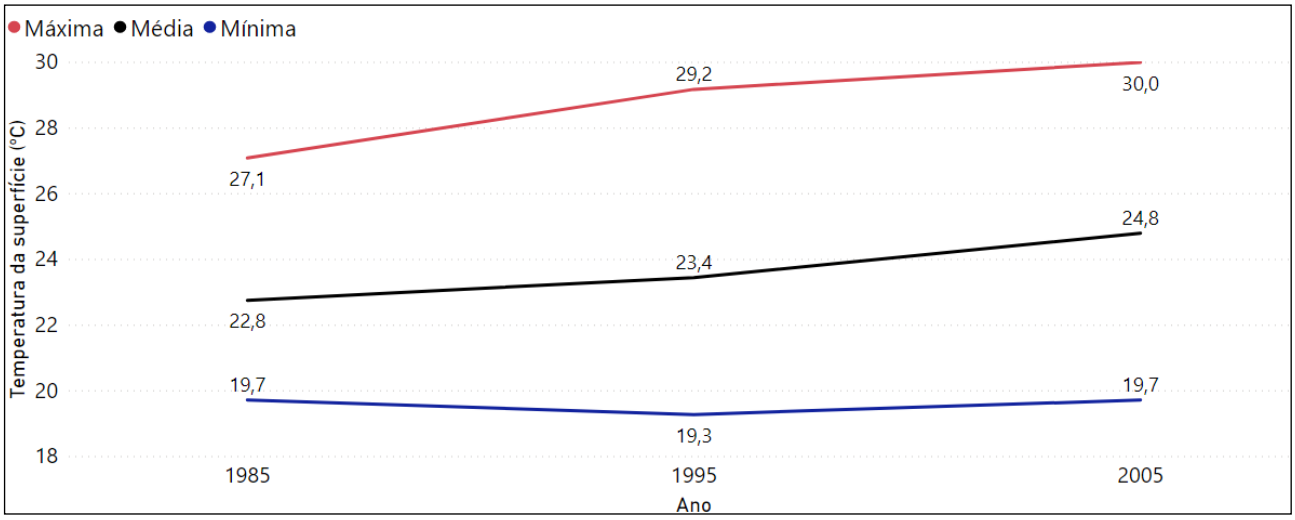
Haja vista os valores médios encontrados para o NDVI, bem como os resultados do TK aplicado nas imagens ao decorrer dos anos, esse está contido na Figura 2.

Figura 2. Layout multitemporal da LST e do índice NDVI da malha urbana do município de Paracatu.



Fonte: (SANTOS, A. P, 2020).

Figura 3. Valor máximo, mínimo e varação média da LST da malha urbana.



Fonte: (Os autores, 2020).

Tabela 1. Médias e medianas da LST, por ano analisado, da área em estudo.

Ano	1985	1995	2005
	22,75; 22,37[1]	23,44; 23,46[1]	24,80; 24,75[1]
1985	-	NS[2]	S[3]
1995		-	NS[2]
2005			-

Fonte: (Os autores, 2020).

[1]Média e Mediana da LST (ºC); [2]não significativo a 1%; [3]significativo a 1%.

Tabela 2. Valores encontrados para o NDVI ao decorrer das épocas testadas para a área malha urbana.

Ano	Min.	Máx.	Média ± DvP.	EMQ	Valor-p
1985	-0,19	0,83	0,43 ± 0,008 a	0,008	0,0001
1995	-0,64	0,80	0,19 ± 0,011 b	0,011	0,0001
2005	-0,63	0,78	0,24 ± 0,010 b	0,010	0,0001

Fonte: (Os autores, 2020).

DvP = Desvio Padrão dos valores de pixel; EMQ = Erro Médio Quadrático; Valor-p = Teste de média diferenciado por letras minúsculas entre linhas, significativo à 1% pelo TK.

Verificou-se, por meio do resultado da análise multitemporal da LST na malha urbana, que essa apresentou variação de mais de 2 ºC nas médias e máximas analisadas entre o primeiro e o último ano da série verificada. Muito provavelmente, essa situação pode estar relacionadas ao fato de que, de acordo com o IDHM, que verifica índices de crescimento municipal, na década de 90, a população do município de Paracatu cresceu a uma taxa média anual de 2,03%, enquanto, no Brasil, essa taxa foi de 1,63% para o mesmo período. Nesse período, a taxa de urbanização municipal passou de 79,19% para 83,78% (IDHM, 2013). Em se tratando da década de 2000, a população de Paracatu cresceu a uma taxa média anual de 1,20%, enquanto que, no Brasil, essa taxa foi de 1,17% para o mesmo período.

Diante desse contexto, vale ressaltar que, a urbanização, iniciada por volta de 1950, tem, definitivamente, alterado as paisagens naturais. O aumento desordenado das grandes cidades e suas crescentes interferências no meio ambiente têm as tornado cada vez menos sustentáveis (HAUGHTER e HUNTER, 1994). Consequentemente, na maioria das vezes, o clima urbano é caracterizado por ter uma temperatura que pode ser 1º ou 2º C mais elevadas do que as áreas circunvizinhas, podendo chegar, em alguns casos, a uma diferença de até 3º C nas grandes metrópoles (AZEVEDO et al., 2013). Vale ressaltar que no Brasil, quando se trata da relação entre crescimento demográfico e áreas urbanas, a situação é agravante porque é comum nos municípios brasileiros o crescimento da malha urbana sem os devidos planejamentos urbanos e territoriais, que compromete a qualidade ambiental local (BARBOSA; VECCHIA, 2009). Sendo assim, o que vem acontecendo nos centros urbanos é a criação de um clima próprio no local, relacionado ao impacto do desenvolvimento urbano no balanço de calor da superfície (OKE et al.,1999), ocasionando na formação do fenômeno de ilha de calor, que pode ser considerado o mais evidente exemplo de mudança climática provocada por ação antrópica (BARROS; LOMBARDO, 2016).

Nesse contexto e com relação ao resultado apresentado da taxa de urbanização ao longo dos anos no município em estudo, um dos impactos ambientais urbanos que pode ser considerado no processo de conversão de uso e ocupação é a mudança no campo térmico por meio da substituição de coberturas superficiais naturais e apropriação desses espaços para atividades antrópicas, substituição essa que implica em elevação da temperatura ambiente conforme apresentado pelos estudos de (AMORIM, 2019; ALVES, 2017; BARROS; LOMBARDO, 2016b; MOREIRA; AMORIM, 2015b).

Em relação à variação multitemporal do índice NDVI, foi possível observar a redução da vegetação ao decorrer da expansão da área ocupada pela malha urbana. Essa redução, possivelmente, está atrelada ao aumento de áreas construídas e, consequente, supressão da vegetação, considerando que a degradação da vegetação é perceptível na comparação visual entre os anos analisados. Esse resultado corrobora ao apresentado por

Pessi et al. (2019). Ademais, de acordo com o autor e com Yue et al. (2007), malhas urbanas contam com um cenário heterogêneo, em que áreas verdes apresentam altos valores do NDVI, e áreas urbanas construídas ou centrais com baixos valores de NDVI e consequente vegetação relativamente baixa. Os autores ressaltam ainda que a distribuição espacial do NDVI na heterogeneidade urbana com diferentes usos e cobertura da terra apresentam valores opostos à LST, com valores de LST significativamente maiores em áreas centrais e menores em regiões onde há maior predominância de vegetação.

4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos foi possível concluir que a expansão urbana do município de Paracatu – MG pode estar diretamente relacionada com as variações de LST e do índice NDVI encontrados entre os anos analisados.

A metodologia utilizada mostrou-se eficaz e de fácil acesso para que os órgãos fiscalizadores, bem como os gestores municipais possam compreender os possíveis efeitos da mudança da cobertura da terra sobre em uma área, principalmente por locais construídos, o que permite a determinação de medidas de mitigação, como forma de minimizar os efeitos de calor urbano e formação de ilhas de calor. Convém ressaltar que o município de Paracatu - MG conta com uma das maiores minas de exploração de ouro a céu aberto do mundo a 200 metros do seu perímetro urbano. Ao se considerar o solo exposto dessa área, as movimentações diárias do solo e as explosões, essa situação pode tornar-se ainda mais agravante em se tratando da formação de ICU e do bem estar dos munícipes da área.

REFERÊNCIAS

ABREU, L. V.; LABAKI, L. C. Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 4, p.103-117. 2010. https://doi.org/10.1590/S1678-86212010000400008

ALVES, E. D. L. Ilha de calor urbana em cidade de pequeno porte e a influência de variáveis geourbanas. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, 2017. 10.5380/abclima.v20i0.46190. https://doi.org/10.5380/abclima.v20i0.46190

AMORIM, M. C. de C. T. Ilhas de calor superficiais: frequência da intensidade e variabilidade espacial em cidade de clima tropical continental. **Geo UERJ**, n. 34, p. 40959, 2019. doi.org/10.12957/geouerj.2019.40959. https://doi.org/10.12957/geouerj.2019.40959

AMORIM, M. C. C. T. Detecção remota de ilhas de calor superficiais: Exemplos de cidades de porte médio e pequeno do ambiente tropical, Brasil. **Finisterra-Revista Portuguesa de Geografia**, n. 105, p. 111-133, 2017. 10.18055/Finis6888. https://doi.org/10.18055/Finis6888

AMORIM, M. C. C. T. DUBREUIL, V.; QUENOL, H.; SANT'ANA NETO, J. L. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França). **Confins,** n. 7, p. 1–16, 2009. 10.4000/confins.6070. https://doi.org/10.4000/confins.6070

ARRUDA, L. E. V. D.; VALE, H. S. M.; SILVA, P. C. M. D. Índice de área verde e de cobertura vegetal no perímetro urbano central do município de Mossoró, RN. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 2, p. 43, 2013.

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. **IDHM**. Perfil - Paracatu, MG. Disponível em: http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/paracatu_mg. Acesso em: 10 maio 2020.

AZEVEDO, T. S. *et al.* **Ilhas de calor e *Aedes aegypti***: um estudo preliminar para a cidade de Santa Bárbara d'Oeste, SP-BRA, utilizando sensoriamento remoto. Geografia da Saúde: experiências do grupo de pesquisas sobre desastres (NUPED) da UNESP, Rio Claro, São Paulo, Brasil. Herstellung: Novas Edições Acadêmicas, 2013.

BARBOSA, R. V. R.; VECCHIA, F. A. S.. Estudos de ilha de calor urbana por meio de imagens do Landsat 7 ETM+: estudo de caso em São Carlos, .SP. **Revista Minerva**, v. 6, n. 3, p. 273-278, 2009.

BARROS, H. R.; LOMBARDO, M. A. A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo no município de São Paulo-SP. **GEOUSP Espaço e Tempo** (Online), v. 20, n. 1, p. 160-177, 2016.. https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2016.97783

BEZERRA, A.E.; SOUZA, F.L. T, SILVA J. D.S.; OLIVEIRA, C.W.; MORAES, N.D. Estimativa da Produtividade Primária Bruta da vegetação nativa e cultivo irrigado através de sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 5, p. 3662-3675, 2019.. https://doi.org/10.7127/RBAI.V13N5001128

CORREA, W. S. C.; COELHO, A. L. N.; VALE, C. C. V. Influência de distintos sistemas atmosféricos na temperatura de superfície do município de Vitória (ES). **Caminhos de Geografia**, v. 16, n. 53, p. 37–54, 2015.

DUBREUIL, V.; QUÉNOL, H.; FOISSARD, X.; AMORIM, M. **Métodos e monitoramento da variabilidade espaçotemporal da ilha de calor em cidades de porte médio**: Rennes/França e Presidente Prudente/Brasil. 2014.

FRANÇA, M. S. D.; GOMES, E. D. S. Indícios de ilha de calor urbana em Sorriso/MT. **Revista Monografias Ambientais**, v. 13, n. 3, p. 3366-3376, 2014. 10.5902/2236130813401. https://doi.org/10.5902/2236130813401

HAUGHTER, G.; HUNTER, C. **Sustainable Cities.** J. Kingsley Publishers, London: Regional Studies Association, Bristol, Pa, 1994.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de dados geográficos. Paracatu.** Disponível em: http://www.metadados.geo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/main.home. Acesso em: 3 jun. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produto Interno Bruto dos Municípios Paracatu.** Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?=&t=o-que-e Acesso em: 2 maio 2020.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas.** Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas. Acesso em: 2 jun. 2020.

MILLÁN, V. E. G.; TEUWSEN, S.; MÜNSTER, K. P. Description of a flooding process in mining areas using spectral indices on multi-temporal landsat imagery. **Photogrammetrie-Fer. Geoinformation,** v. 5:, p. 427-0436, 2013. https://doi.org/10.1127/1432-8364/2013/0189

MOREIRA, J. L.; AMORIM, M. C. C.. O clima urbano de Penápolis - SP através da temperatura da superfície e de índices radiométricos. Geosaberes. **Revista de estudos geoeducacionais**, v. 6, n. 3, 190-202, 2015.

NASCIMENTO, D. T. F.; OLIVEIRA, I. J.. Análise da evolução do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia/GO (1986-2010). **Boletim Goiano de Geografia**, v. 31, n. 2, p.

113–127, 2011. https://doi.org/10.5216/bgg.v31i2.16849

NHONGO, E. J. S.; FONTANA, D. C.; GUASSELLI, L. A.; ESQUERDO, J. C. D. M. Caracterização fenológica da cobertura vegetal com base em série temporal NDVI/MODIS na reserva do Niassa-Moçambique. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 6, 2017.

OKE, T. R. *et al.* The energy balance of central Mexico City during the dry season. **Atmosphe-ric Environment**, v. 33, n. 24/25, p. 3919-3930, 1999. https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00134-X

OLIVEIRA, H. P. V. D.; SILVA, E. V. D. Sistemas ambientais e vulnerabilidade à degradação dos recursos naturais dos municípios do Baixo Jaguaribe com aplicação de geotecnologia: subsídio ao ordenamento territorial. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, n. 5, p.137-152, 2016. https://doi.org/10.21438/rbgas.030504

OLIVEIRA, T. T. G. T.; BEZERRA, P. E. S.; PONTES, A. N.; MARTINS, A. C. C. T. Modificações paisagísticas e implicações térmicas no distrito administrativo de Belém, Pará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n. 3, p. 404-411, 2018. https://doi.org/10.18378/rvads.v13i3.5648

OMAR, H. A.; QUIROZ, C.; DAZA, H. M. R.; IVANOVA, Y. Detection of open-pit mining zon es by implementing spectral indices and image fusion techniques", **DYNA**, v. 84, n. 201, p. 42-49. 2017. https://doi.org/10.15446/dyna.v84n201.60368

PORONGABA, G. F. O.; AMORIM, M. C. D. C.T . Geotecnologias Aplicadas à Análise de Ilhas de Calor de Superfície em Cidades do Interior do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 06, p. 2041-2050, 2019. https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.6.p2041-2050

PESSI, D. D. *et al.* ,. "Análise da relação entre NDVI e a temperatura da superfície terrestre como técnica no planejamento urbano dos municípios." **Terr@ Plural** v. 13, n. 3, p. 237-251, 2019..

ROUSE, J. W., HAAS, R. H., SSCHELL, J. A., DEERING, D. W. Monitoring vegetation system in the great plains with ERTS. Third ERST Symposium, **NASA SP-351**, vol.1, pp. 309–317. 1973.

SOUZA, D. O. de; ALVALÁ, R. C. dos S. Observational evidence of the urban heat island of Manaus City, Brazil. **Royal Meteorological Society (online)**, v. 21, n. 2, p. 186– 193, 2012. https://doi.org/10.1002/met.1340

USGS. **EarthExplorer.** Disponível em: https://earthexplorer.usgs.gov/ . Acesso em: maio 2020.

USGS (United States Geological Service). Landsat 8 (L8) Data Users Handbook. Department of the 511 Interior U.S. **Geological Survey**. EROS Sioux Falls, South Dakota. (LSDS-1574. V. 2.0), 2016

YUE, W.; XU, J.; TAN, W.; XU, L. The relationship between land surface temperature and NDVI with remote sensing: application to Shanghai Landsat & ETM+ data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 28, n. 15, p. 3205-3226, 2007. https://doi.org/10.1080/01431160500306906

ZANZARINI, F. V.; PISSARRA, T. C.; BRANDÃI, F. J; TEIXEIRA, D. D. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 6, p. 608-614, 2013.

https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000600006.