



ANÁLISE DA GESTÃO OCUPACIONAL EM MONTES CLAROS – MG: Impactos do uso do solo e suas consequências na temperatura de superfície

ANALYSIS OF OCCUPATIONAL MANAGEMENT IN MONTES CLAROS - MG: Impacts of land use and its consequences on surface temperature

ANALYSE DES PROFESSIONNELLES GESTION MONTES CLAROS - MG: impacts de l'utilisation des terres et les conséquences de la température de surface

Bruna Reis Pereira

Faculdades Integradas Pitágoras de Montes Claros – FIP/MOC
E-mail: <reisbrunareis@gmail.com>.

Mariana Barreto Mees

Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ
E-mail: <marianabarreto.arq@gmail.com>.

Manoel Reinaldo Leite

Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES
E-mail: <leitemanoelreinaldo@gmail.com>.

Raul de Magalhães Filho

Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES
E-mail: <raul.m_f@hotmail.com>.

Resumo

O uso do solo é a atividade de uma sociedade por sobre uma superfície, este caracteriza-se conforme as individualidades conjugada aos padrões de necessidades humanas. Um dos impactos ambientais que deve ser considerado neste processo de apropriação é o comportamento térmico de superfície. Neste sentido, o presente trabalho, tendo como área de estudo o perímetro urbano de Montes Claros – MG, teve como objetivo analisar a ocupação do espaço urbano na cidade sob uma condição cronológica: 1990 a 2010. Por meio da análise de imagens de sensoriamento remoto (Landsat 5 TM) procurou-se verificar se o modelo de ocupação provocou problemas urbanos de natureza térmica. Os resultados mostraram, a partir da metodologia adotada, que regiões com decréscimo de NDVI (Índice de Vegetação por

Diferença Normalizada) e grande adensamento de edificações tiveram significativos aumento de temperatura no período considerado, ratificando o problema de aumento de temperatura de superfície nos centros urbanos.

Palavras-chave: Urbanização; temperatura de superfície; desenvolvimento urbano; Montes Claros.

Abstract

The use of the soil is the activity of a society above a surface, this is characterized according to the individualities combined with the patterns of human needs. One of the environmental impacts that must be considered in this appropriation process is the surface thermal behavior. In this sense, the present study, having as its study area the urban perimeter of Montes Claros - MG, aimed to analyze the occupation of urban space in the city under a chronological condition: 1990 to 2010. Through the analysis of remote sensing images (Landsat 5 TM), it was verified that the occupation model caused urban problems of a thermal nature. The results showed that the regions with decreasing NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) and high density of buildings had significant temperature increase in the period considered, confirming the problem of surface temperature increase in urban centers .

Keywords: Urbanization; Surface temperature; urban Development; Montes Claros.

Resumen

Uso de la tierra es la actividad de una corporación sobre una superficie, este se caracteriza como individualidades combinados a los estándares de las necesidades humanas. Un impactos ambientales que deben ser considerados en este proceso de solución es la superficie comportamiento térmico. En este sentido, el presente trabajo, con el área de estudio del área urbana de Montes Claros - MG, tuvo como objetivo analizar la ocupación del espacio urbano en la ciudad bajo una condición cronológico: 1990 a 2010. Por medio del análisis de imágenes de teledetección (Landsat 5 TM) trató de verificar que el modelo de ocupación provocó problemas urbanos de la naturaleza térmica. Los resultados mostraron que a partir de la metodología utilizada, las regiones con la disminución de NDVI (índice de vegetación de diferencia normalizada) y de alta densidad de edificios tenían aumento significativo de la temperatura durante el periodo considerado, lo que confirma el problema aumento de la temperatura de superficie en los centros urbanos.

Palavras chave: urbanización; temperatura de la superficie; desarrollo Urbano; Montes Claros.

INTRODUÇÃO

Este estudo qualifica o termo ‘urbano’ como um cenário de relações humanas e suas interações com o espaço físico, haja vista que, a complexidade produzida, de acordo as especificidades históricas, pela luta de classe, interesses e necessidades humanas tem como consequência as modificações morfológicas e climáticas das cidades.

Sobre o Brasil, Santos (2005) afirma que é a partir do século XVIII que o país começa a se desenvolver, no entanto, foi necessário ainda mais um século para que a urbanização atingisse sua maturidade, no século XIX, e ainda mais um século para adquirir as características com as quais é conhecida hoje. Portanto, as condições da urbanização moderna foram desenvolvidas a partir do século XX, quando o capitalismo industrial ganhou momento no país e consolidou as grandes cidades industriais.

Sob a adoção de um modelo urbano com política de ocupação e exploração, o desordenado processo de urbanização brasileiro tem permitido que os interesses econômicos e a desvalorização ambiental, nas decisões estruturais das cidades, criem problemas de diversas naturezas, uma vez que, o avanço de áreas urbanas provoca constantes alterações no uso do solo, acentuando as disparidades entre classes sociais e provocando um decréscimo na qualidade de vida. Consoante Brasil (2015), o modelo individualista de soluções urbanas é um agente ativo de importantes impactos ambientais:

A liberalidade na regulação da lógica de mercado brasileiro é afixada por condições ambientais, quase sempre, precárias. Brasil (2015) afirma que, no âmbito da necessidade de responder ao crescimento econômico, os países em desenvolvimento vêm optando por desordenado modelo de planejamento, afetando as construções das cidades, e enfrentam, como consequência, graves problemas urbanos que são também ambientais.

Sob a condição do crescimento econômico, seguindo a tendência à desmetropolização, com o inchaço populacional e de serviços nos grandes centros, proporcionaram o surgimento de cidades intermediária, conhecidas como cidades médias que atenderiam à demanda de consumo das cidades menores, sustentados por políticas desenvolvimentistas, que condicionaria menor fluxo nas capitais.

No caso de Montes Claros, que teve um processo de expansão territorial entre a década de 1970, o início do processo de industrialização foi viabilizado por uma política desenvolvimentista do Estado. Barbosa (1995, p.210) afirma que a evolução desta cidade

deve ser dividida em três fases em que a primeira se conecta a inauguração da ferrovia, que promoveu a cidade a um centro de importância geográfica na região. A segunda fase é delimitada pela instalação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste e a terceira fase a desponta como grande centro industrial e comercial.

Consolidada como centro polarizador, articuladora das atividades da região norte-mineira, Montes Claros adquiriu um importante papel regional e uma dimensão demográfica significativa. No entanto, como a maioria das cidades brasileiras, a ocupação do solo se deu de forma rápida e intensa fato que desencadeou problemas de diversas naturezas ao município. Leite e Pereira (2005) afirmam que, localizada numa região periférica, o Norte de Minas Gerais, a cidade passou a ser foco de um intenso fluxo migratório, o que gerou um crescimento urbano desordenado com intensas alterações no uso do solo urbano.

Segundo Sousa e Ferreira (2012), as alterações no uso do solo urbano proporcionam mudanças no campo térmico por meio da substituição de coberturas superficiais naturais e a apropriação destes espaços para atividades antrópicas.

A utilização de coberturas artificiais nos solos urbanos implica diretamente na alteração da temperatura de superfície, sendo possível afirmar que o comportamento térmico é uma resposta do modelo de manejo dos solos, uma vez considerada a radiação solar constante no espaço considerado.

No entender de Sousa e Ferreira (2012), o comportamento térmico reflete o uso e ocupação e, no caso das cidades, reflete também o crescimento da mancha urbana, que é responsável por significativas alterações na paisagem. Os materiais urbanos superficiais possuem padrões de refletividade – albedo – que favorecem a absorção da radiação e, conseqüentemente, maior emissão de calor sensível, em busca de equilíbrio térmico.

Isto posto, a gestão ocupacional de uma cidade tem a finalidade de conduzir os processos de interação entre as atividades do homem e o espaço, criando articulações sustentáveis definidas pelas condições de exploração dos recursos naturais, a fim de que esta influência seja positiva, adotada por um planejamento que prevê manutenção adequada do aspecto paisagístico, qualidade do ecossistema urbano e equilíbrio ambiental.

Souza (2000) atesta que em qualquer processo de gestão, deve ser considerada a dimensão ambiental pelo poder público na tomada de decisão, adotando uma visão sistêmica e de integração dos diversos enfoques em questão, em todos os níveis de governo.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é analisar o comportamento da temperatura de superfície (TST) e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) no perímetro urbano de Montes Claros – MG, a partir do uso de geotecnologias, a fim de compreender o comportamento térmico do perímetro urbano em relação as alterações geográficas do uso do solo neste espaço.

As informações sobre a temperatura superficial para o desenvolvimento deste trabalho foram obtidas por sensoriamento remoto. Tendo em vista que o calor interno de um objeto é convertido em energia radiante e para a maioria dos objetos existe uma alta correlação positiva entre a temperatura cinética verdadeira do objeto e o fluxo radiante proveniente dos objetos, os dados sobre a temperatura de superfície podem ser colhidos por sensoriamento remoto. (JENSEN, 2009, p.255).

REVISÃO DA LITERATURA

Temperatura obtida por sensor remoto

Gomes (2009) entende que estudos recentes demonstram uma tendência em se trabalhar com sensoriamento remoto na determinação do balanço de radiação à superfície (R), principalmente porque as transformações de energia próximo da superfície implicam em variações espaciais e temporais de vários parâmetros meteorológicos, incluindo as temperaturas dos ambientes naturais. E sendo os dados de sensor remoto calcado nas resoluções espaciais, espectrais, radiométrica e temporal, as técnicas de sensoriamento remoto, bem como os seus produtos, são ferramentas poderosas para a realização desse tipo de estudo.

O sensoriamento remoto vem dando suporte a vários estudos sobre a superfície da Terra. Dentre os quais se destaca a obtenção de variáveis climatológicas, sobretudo, as ligadas a mensuração da temperatura que é um importante fator para o planejamento ambiental de qualquer região. As possibilidades de obtenção de informações climatológicas através de técnicas de sensoriamento remoto e de imagens orbitais permitem uma análise geral das áreas em maior escala se comparadas aos dados pontuais disponibilizados pelas estações de controle.

A obtenção de temperatura por sensores remotos possui como base de suporte os estudos das variáveis oriundas do balanço de radiação à superfície, como fluxo de radiação de onda curta e, principalmente, os de onda longa, que envolvem a região do infravermelho. Além da interação da radiação com os constituintes da superfície e da atmosfera terrestre.

Desta forma, Novo (2008) explica que a radiação do infravermelho distante não é utilizada em sensoriamento remoto da superfície da Terra pela sua pouca ocorrência. A região do infravermelho próximo, em termos de interação com a radiação eletromagnética com a superfície, é tratada basicamente como a região do visível. O infravermelho termal, todavia, carece de atenção diferenciada, já que as energias liberadas para os comprimentos de onda do infravermelho termal são procedentes de vibrações moleculares em função da temperatura dos alvos.

Neste caso, infere-se que a temperatura de um dado alvo será diretamente proporcional à radiação emitida por ele, de forma que quanto maior a radiação medida pelo satélite, considerando um determinado alvo, maior será a temperatura do mesmo.

Assim sendo, pode-se considerar que a temperatura é uma medida que mensura fisicamente a energia média de movimento de partículas num sistema em equilíbrio térmico dado seu grau de liberdade, conforme argumenta Planck *apud* Eisberg (1979).

O problema envolvendo sensores remotos, para a mensuração da temperatura de superfície, reside no fato de que as propriedades térmicas dos alvos são avaliadas a distâncias consideráveis, sofrendo, portanto, interferência dos constituintes da atmosfera. Assim, o modelo de corpo negro de Planck deve ser considerado para a estimativa de temperaturas obtidas por sensoriamento remoto.

Outra realidade a ser considerada é o fato de que os sensores medem a radiância monocromática espectral dos alvos. Nesse caso, conforme argumenta Rosa (2003), deve-se utilizar a função inversa da lei de Planck no intuito de se obter a temperatura de brilho da superfície e inserir a emissividade dos alvos nos cálculos para se determinar a temperatura de superfície.

Atualmente, pesquisadores vêm desenvolvendo estudos e metodologias para se estimar a variação da temperatura e do albedo da superfície em relação aos seus diferentes constituintes, dentre os quais cita-se Weng e Dengsheng (2004) e Weng & Quattrochi (2006), que fizeram uma análise entre os padrões de temperatura da vegetação urbana natural nos E.U.A e na China, respectivamente. No Brasil, grande parte destes estudos está sendo

realizados com o objetivo de se avaliar o fenômeno de ilhas de calor dentro do espaço urbano, com destaque para Teza e Baptista (2005) que realizaram estudos a partir de imagens Landsat e Aster, em várias metrópoles brasileiras, de 1984 a 2001, constatando um aumento médio da temperatura de 3°C.

Dentre as várias metodologias utilizadas para a estimativa da temperatura de superfície, destaca-se Bastiaanssen *et. al.* (1995), Allen (1996), Bastiaanssen *et. al.* (1998), Allen (2002), Allen *et. al.* (2007), com o desenvolvimento e aprimoramento do algoritmo *Surface Energy Balance Algorithms for Land* – SEBAL, o qual descreve o balanço completo de radiação e da energia sobre a superfície da Terra a partir de dados de sensor remoto.

Desta forma, estudos envolvendo a temperatura dos alvos terrestres e suas relações com as dinâmicas socioambientais conquistam uma importante ferramenta de suporte para obtenção, análise e elaboração de informações através de um algoritmo prático e eficiente.

***Surface Energy Balance Algorithms for Land* – (SEBAL)**

O algoritmo semiempírico *Surface Energy Balance Algorithms for Land* – SEBAL descreve o balanço completo de radiação sobre a superfície da Terra a partir das bandas espectrais do visível, infravermelho próximo e infravermelho termal. Estas bandas são utilizadas como dados de entrada para o processamento das imagens, além de dados locais de estações de controle utilizados como parâmetro de calibração do algoritmo.

O SEBAL foi testado e validado em diversas regiões do globo como, por exemplo, E.U.A, China, Egito, Espanha, Argentina, Índia, Brasil entre outros, conforme Tasumi (2003). O SEBAL foi elaborado visando obter a evapotranspiração (ET) em escalas regionais, pois, como afirma Bastiaanssen *et. al.* (1998), os algoritmos clássicos baseados em sensores remotos e medidas de temperatura de superfície se mostravam satisfatórios apenas para grandes escalas, impondo a necessidade de elaboração de um algoritmo que considerasse a resolução espacial dos dados de sensor remoto para escalas regionais.

Os principais produtos do SEBAL são: albedo de superfície, balanço de onda curta, balanço de onda longa, índices de vegetação como o NDVI, SAVI e IAF, emissividade de superfície, temperatura de superfície, saldo de radiação, fluxo de calor sensível, calor latente e a evapotranspiração pixel a pixel.

No Brasil, destaca-se, entre os demais, o trabalho de Bezerra (2006) que objetivou obter o balanço de energia e a evapotranspiração diária em áreas de cultivos irrigados de sequeiro, vegetação nativa e a reserva florestal da Chapada do Araripe, no qual o autor concluiu que, de forma geral, o SEBAL apresentou uma precisão eficiente para a obtenção de evapotranspiração diária.

Evidencia-se, do mesmo modo, o trabalho de Menezes (2006) que testou o SEBAL sob diferentes condições de relevo, lançando mão das técnicas de normalização topográfica, em relação a dados obtidos em estações de controle na região do Município de Santa Barbara – MG. Concluiu o autor, de maneira geral, que a técnica de normalização topográfica influenciou na aplicação do algoritmo em questão nas condições de relevo movimentado.

Gomes (2009) avaliou, através da aplicação do SEBAL/METRIC, as alterações promovidas pela mudança do uso da terra alavancada pela cana-de-açúcar e eucalipto. Além de testar a calibração e validação do algoritmo nas condições climáticas do Município de Santa Rita do Passa Quatro – SP, concluindo que o SEBAL/METRIC pode ser utilizado para análise e monitoramento de alterações ambientais de diferentes biomas.

A detecção do fenômeno de ilhas de calor também pode ser verificada pela aplicação do SEBAL, a exemplo, pode-se citar o trabalho de Moreira e Galvêncio (2009), no qual os autores analisaram as variações das ilhas de calor na cidade de Recife no período de 1984 a 2007, e encontraram um aumento de aproximadamente 4°C nas menores temperaturas e de 8°C nas maiores temperaturas.

Galvêncio *et. al.* (2009), analisando a temperatura do ar e da superfície no Sítio Boa Felicidade em São José do Sabugi – PB, concluiu que a estimativa da temperatura de superfície obtida a partir da aplicação do SEBAL em imagens de satélite pode resultar em vantagens, quando comparadas aos dados de temperatura obtidos por estações, já que a análise em escala espacial é permitida.

Diante desses estudos, o SEBAL se destaca, dentre os demais algoritmos destinados a estimativa do balanço de radiação a superfície, por propiciar a obtenção de informações de vital importância para análise ambiental com base em dados climatológicos. Deste modo, os estudos envolvendo a dinâmica de mudanças ambientais e climáticas acarretadas pela intervenção humana na forma de ocupação das terras podem ser exploradas com maior rigor e em escalas regionais.

Com efeito, a possibilidade de análise das informações de temperatura da superfície a partir de imagens orbitais permite um paralelo, sobretudo, de forma temporal, entre as mudanças de uso da terra, e as relações geográficas dos efeitos destas alterações. Ou seja, as relações entre as flutuações da temperatura da superfície de determinada região podem ser analisadas simultaneamente as alterações do uso da terra e suas relações explicitadas na forma de documentos cartográficos.

Procedimentos técnicos operacionais

Estamos defasados, em relação a GMT, em 3 h aproximadamente. Conforme o cabeçalho das imagens, o horário de passagem do sensor é o mesmo horário de GMT, neste caso, os horários, em GMT, foram ajustados para a hora local (horário de Brasília), como mostra a tabela 01, no intuito de coletar os dados das estações de controle mais próximos do horário de passagem do sensor.

Tabela 01 - Correção dos horários de passagem do TM para a Área de estudo

Data da passagem do sensor	Tempo Central (GMT)	Hora corrigida para a área de estudo (Hora de Brasília)
26/08/1990	12h16min	09h16min
24/10/2000	12h35min	09h35min
18/09/2010	12h46min	09h46min

Esse procedimento se faz necessário porque os dados de temperatura utilizados para a calibração do SEBAL foram obtidos a partir das estações de controle, os quais são corrigidos para a hora local nas datas correspondentes à passagem do sensor sobre estas estações.

Deve-se destacar ainda que, para a execução dos cálculos, utilizou-se um modelador matemático o qual permite a entrada das imagens em blocos, além de variáveis condicionais. Os parâmetros das imagens disponibilizadas nos cabeçalhos das mesmas, como tempo central (GMT), orientação da imagem, azimute do Sol e ângulo de elevação do Sol, bem como dados de calibração fornecidos pelo serviço geológico dos E.U.A, conforme tabela 02 e 03, foram utilizados como suporte para a realização dos cálculos.

Tabela 02 - Mapeador Temático (TM) Landsat 5: descrição, intervalo de comprimentos de onda e coeficientes de calibração, radiâncias espectrais mínima (a) e máxima (b) e irradiância espectral no topo da atmosfera para imagens até 04/05/2003

Descrição dos canais	Comprimento de onda (μm)	Coeficiente de calibração ($\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$)		Constante solar ($\text{Wm}^{-2}\mu\text{m}^{-1}$)
		a	b	
Banda 1 (azul)	0,45 – 0,52	-1,52	152,0	1958,00
Banda 2 (verde)	0,53 – 0,61	-2,84	296,81	1828,00
Banda 3 (vermelho)	0,62 – 0,69	-1,17	204,3	1559,00
Banda 4 (infravermelho próximo)	0,78 – 0,90	-1,51	206,2	1045,00
Banda 5 (infravermelho médio)	1,57 – 1,78	-0,37	27,19	219,00
Banda 6 (infravermelho termal)	10,4 – 12,5	1,2378	15,303	-
Banda 7 (infravermelho médio)	2,10 – 2,35	-0,15	14,38	75,00

Fonte: Serviço Geológico dos Estados Unidos da América.

Tabela 03 - Mapeador Temático (TM) Landsat 5: descrição, intervalo de comprimentos de onda e coeficientes de calibração, radiâncias espectrais mínima (a) e máxima (b) e irradiância espectral no topo da atmosfera para imagens pós 04/05/2003

Descrição dos canais	Comprimento de onda (μm)	Coeficiente de calibração ($\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$)		Constante solar ($\text{Wm}^{-2}\mu\text{m}^{-1}$)
		a	b	
Banda 1 (azul)	0,45 – 0,52	-1,52	193,0	1957,00
Banda 2 (verde)	0,53 – 0,61	-2,84	365,0	1826,00
Banda 3 (vermelho)	0,62 – 0,69	-1,17	264,0	1554,00
Banda 4 (infravermelho próximo)	0,78 – 0,90	-1,51	221,0	1036,00
Banda 5 (infravermelho médio)	1,57 – 1,78	-0,37	30,2	215,00
Banda 6 (infravermelho termal)	10,4 – 12,5	1,2378	15,303	-
Banda 7 (infravermelho médio)	2,10 – 2,35	-0,15	16,5	80,67

Fonte: Serviço Geológico dos Estados Unidos da América

Índices de vegetação

Os índices de vegetação, aqui obtidos, diz respeito ao Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). O NDVI é o resultado da razão entre a diferença da banda do infravermelho próximo (banda 4 = ρ_4) e a do vermelho (banda 3 = ρ_3), normalizado pela soma das mesmas, de forma que pode ser expressa pela equação (26), consoante Allen *et. al.* (2002).

$$NDVI = \frac{\rho_4 - \rho_3}{\rho_4 + \rho_3} \quad (26)$$

Os valores de NDVI variam de -1 a 1 e é um indicativo das condições de densidade, porte e saúde da vegetação. Os valores próximos de 0 indicam superfície com

pouca vegetação; os valores próximos de 1 indicam superfícies vegetadas a densamente vegetadas. Já os valores menores que 0 indicam a presença de água ou nuvens na cena.

Temperatura da superfície

Para a obtenção da temperatura da superfície (T_s) foi utilizada a radiância espectral da banda termal $L_{\lambda 6}$ e a emissividade das cenas adquiridas na etapa 6. Desta forma, utilizando a equação (30), obtém-se a temperatura da superfície em (K), posteriormente utilizando a relação $T^{\circ}C = TK - 273,5$ converte-se a temperatura de (K) para a temperatura em graus *Celsius*.

$$T_s = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{\varepsilon_{NB} K_1}{L_{\lambda,6}} + 1\right)} \quad (30)$$

Em que, $K_1 = 607,8 \text{ Wm}^{-2} \text{ sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$, e $K_2 = 1261 \text{ K}$, são constantes de calibração da banda termal do TM Landsat 5.

RESULTADOS E ANÁLISES

A população urbana brasileira adquiriu um aumento significativo em benefício da população rural, tabela 04. Entre 1970 e 1980 há uma inversão no quadro populacional: o aumento da população total foi de 2.600, enquanto a urbana alcançou 2.900, o que permite compreender que o aumento anual médio populacional urbano foi maior do que o respectivo aumento da população total.

Tabela 04 - Aumento anual médio aproximado da população total e da população urbana.

	Aumento médio anual da população total (A)	Aumento médio anual da população urbana (B)	B:A
1940-1950	1 060 000	800 000	75,47
1950-1960	1 820 000	1 320 000	72,52
1960-1970	2 300 000	2 100 000	91,30

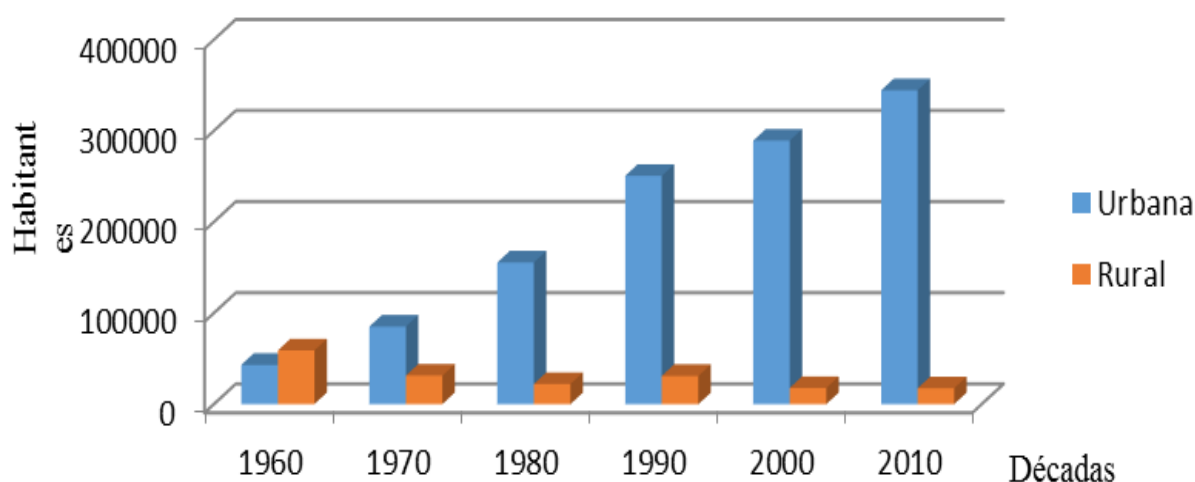
Continuação da tabela 04.

1970-1980	2 600 000	2 900 000	111,53
1980-1991	3 130 000	3 370 000	107,66

Fonte: Milton Santos, 2005.

Quanto à população montesclarenses, esta torna-se predominantemente urbana também a partir da década de 1970. Atualmente, além do êxodo dentro do próprio município, Montes Claros é responsável por um fluxo diário ou temporal de pessoas por consequência da condição educacional e de saúde, e parte dessa população opta por continuar a residir na cidade.

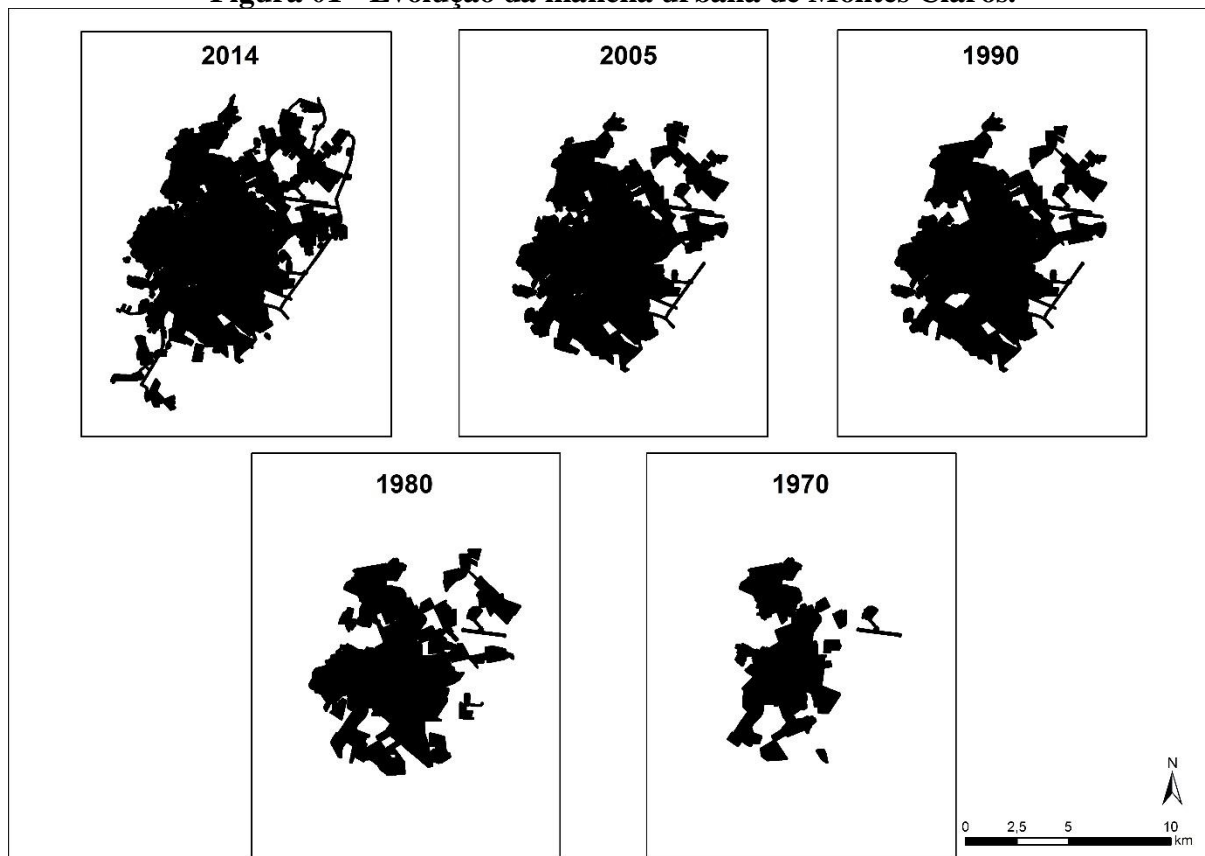
Gráfico 01 - Evolução demográfica do Município de Montes Claros.



Fonte: IBGE. Censo de 1960 a 2000.

Comparando o Gráfico 01 e a Figura 01, é possível afirmar que Montes Claros teve um grande crescimento na malha urbana na década de 1970, proveniente do número de habitantes urbanos que a mesma começa a comportar, este crescimento continua em proporção nas décadas de 1980 e 1990. Observa-se que a partir de 2000, ainda que a população e o perímetro urbano continuam a crescer, Montes Claros sofre uma desaceleração.

Figura 01 - Evolução da mancha urbana de Montes Claros.



Fonte: LEITE, M.E 2017.

O modelo de urbanização adotado em Montes Claros, provedora de expansão territorial como a maioria das cidades brasileiras, impulsionou a densidade de áreas construídas provocando desafios frente à nova superfície implantada nestes espaços, interferindo diretamente nos índices de vegetação e sobre a temperatura de superfície terrestre.

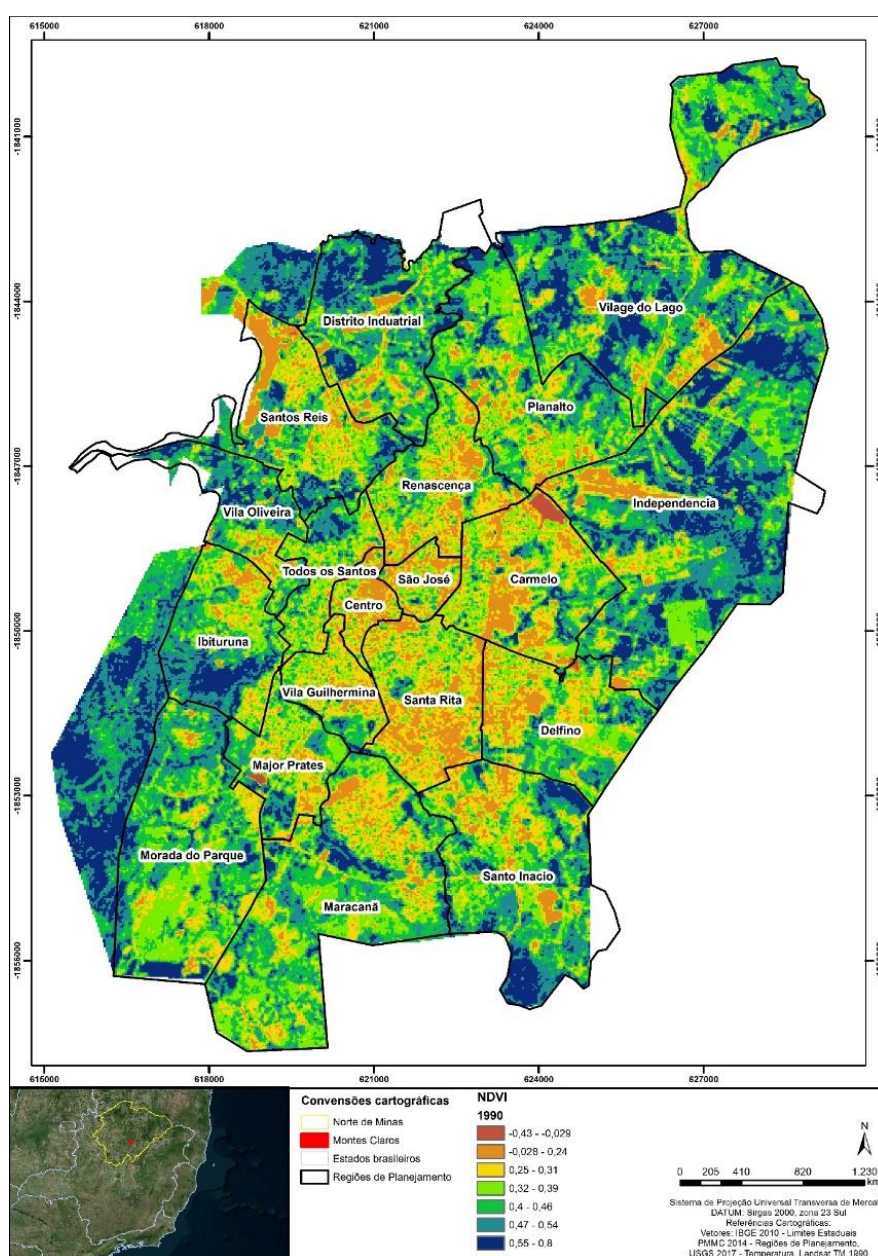
Dessa forma, o estudo pretende analisar sob uma condição cronológica – 1990 a 2010 –todas as 19 Regiões de Planejamento (aprovadas no Plano Diretor 2016), quanto ao comportamento térmico e o índice de vegetação do perímetro urbano de Montes Claros.

As imagens foram captadas pelo satélite L5, sensor TM e consideram o perímetro urbano de Montes Claros, locada na órbita 218, ponto 72.

Análise dos Índices de Vegetação por Diferença Normalizada e Temperatura de Superfície dos anos estudados

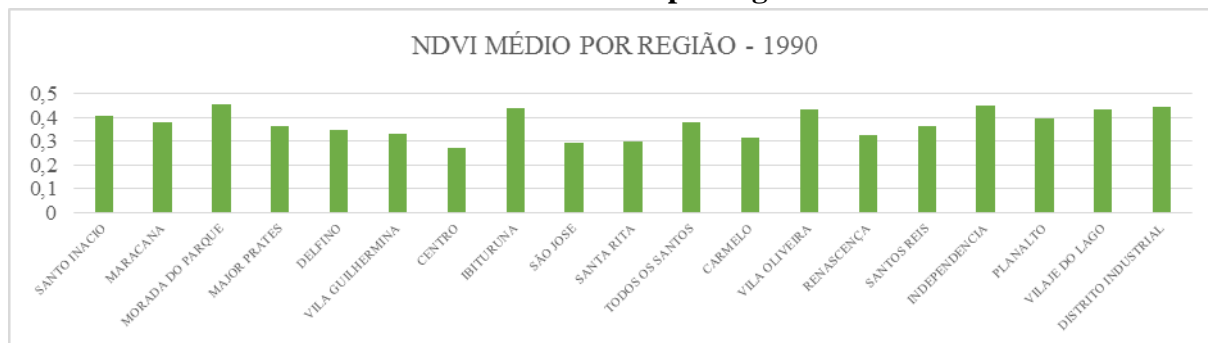
Analisando a figura 02, é possível apontar que os maiores índices de vegetação encontram-se na limítrofe urbana, e conforme as regiões se aproximam do centro, esses índices tendem a diminuir, sendo o centro a região que apresenta o menor índice. Os dados indicam como menor índice o valor de -0,43 e o máximo de 0,8.

Figura 02 - NDVI 1990.



Observa-se uma mancha de alto índice de vegetação ao oeste da região Morada do Parque, ocupando sul da região Ibituruna, que provém da aproximação da serra. Outras manchas significativas encontram-se nas regiões Independência e Distrito Industrial. Relacionando com o gráfico 02, estas regiões apresentam maiores índices médio de NDVI., sendo a região Morado do Parque a que apresenta maior índice, gráfico 02.

Gráfico 02 - NDVI médio por região – 1990.



Comparando com as informações da figura 02 e os dados do gráfico 02 com a figura 01, justifica apontar que, regiões menos adensadas, de ocupação urbana, tenderam a apresentar maiores índices de vegetação.

Relacionando os dados da figura 02 com os dados da figura 03, é possível afirmar que os índices de vegetação interferem diretamente nos resultados de temperatura de superfície, uma vez que, as regiões que indicam maior NDVI, apresentam temperaturas mais baixas. Possivelmente em função do consumo de radiação pela vegetação para a realização dos processos fotossintéticos.

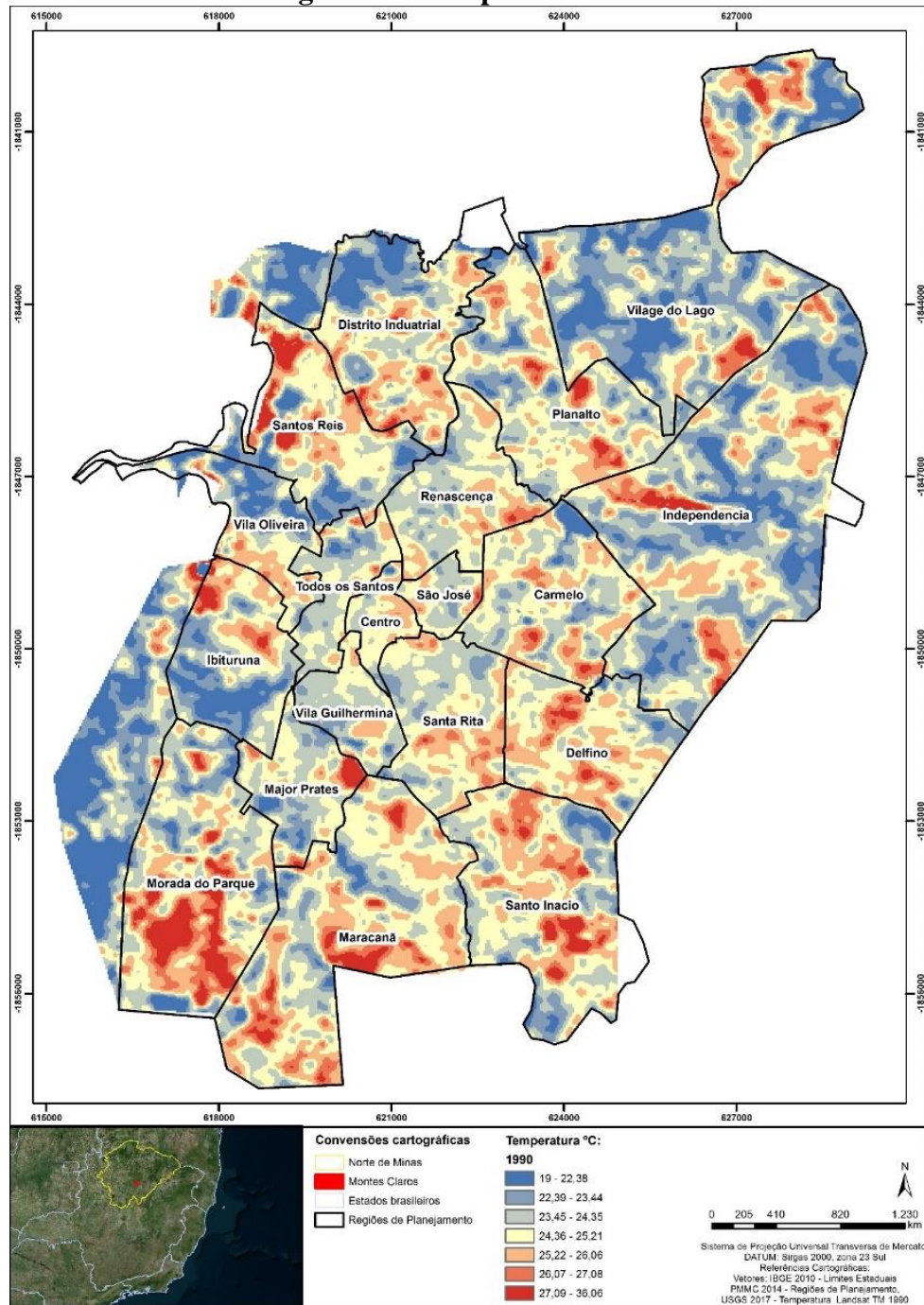
Observa-se que esse comportamento não se aplica a superfície de água, já que essa não apresenta índices de vegetação, mas é um controlador de temperatura, sendo um aliado para menores oscilações da mesma.

As zonas com variação de menores índices de temperatura encontram-se principalmente nas regiões periféricas, as mais significativas que podem ser observadas: Vila do Lago, Independência, norte do Distrito Industrial, Vila Oliveira e Ibituruna, e conforme os dados do gráfico 03, essas são as regiões com menores índices de temperatura média.

As zonas com variação de maiores índices de temperatura apresentam pontos pequenos e bem definidos, porém espalhados ao longo da malha urbana. A zona mais

Análise da gestão ocupacional em Montes Claros – MG: Impactos do uso do solo e suas consequências na temperatura de superfície significativa é observada na região Morada do Parque, e, conforme os dados do gráfico03, esta e a região Delfino indicam a maior média de temperatura.

Figura 03 - Temperatura 1990.

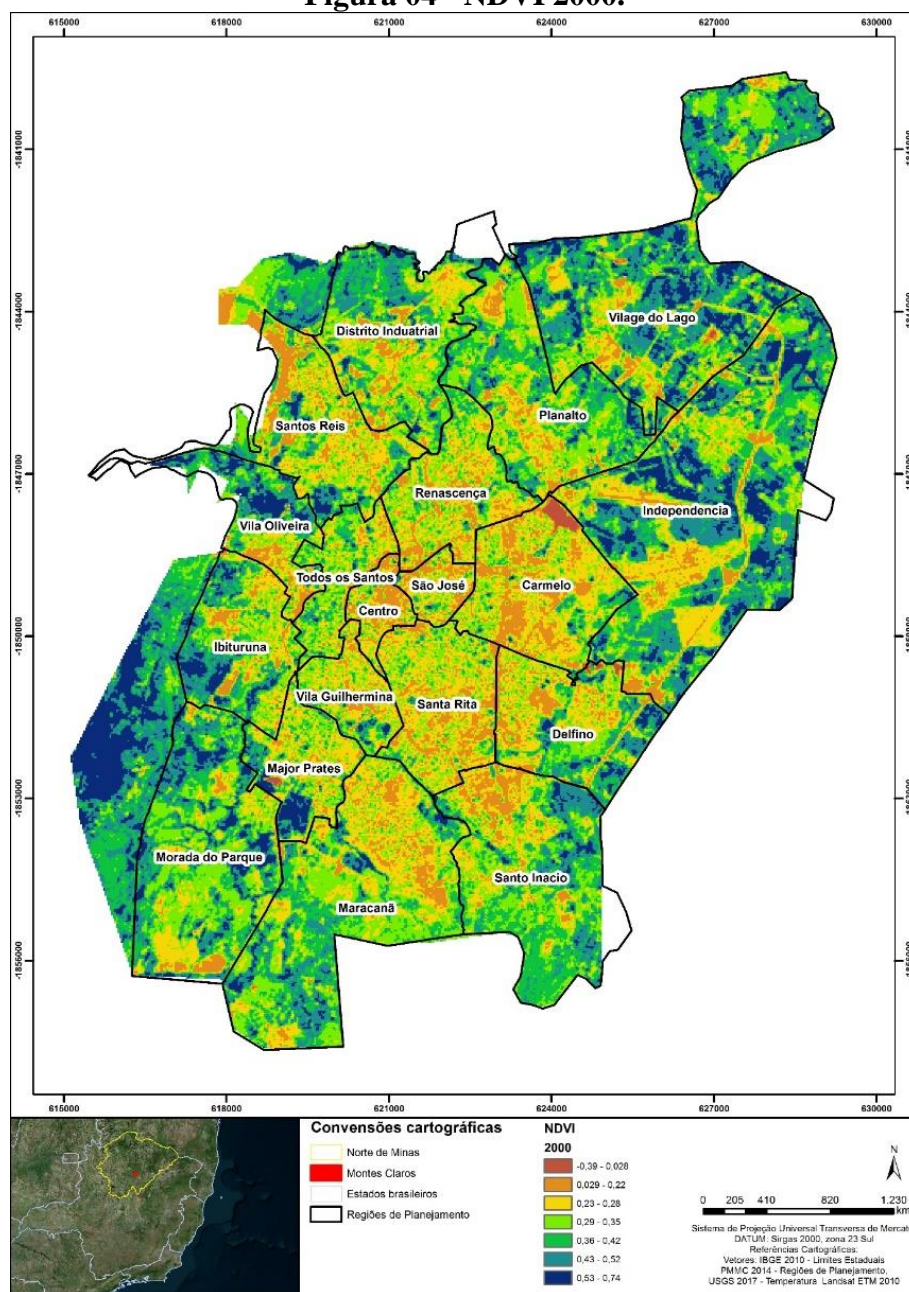


A figura 03 informa um comportamento térmico com zonas bem definidas e longas e variações apresentando mínima de 19,00°C e máxima de 36,06°C.

Gráfico 03 - Temperatura média por região – 1990.



Figura 04 - NDVI 2000.

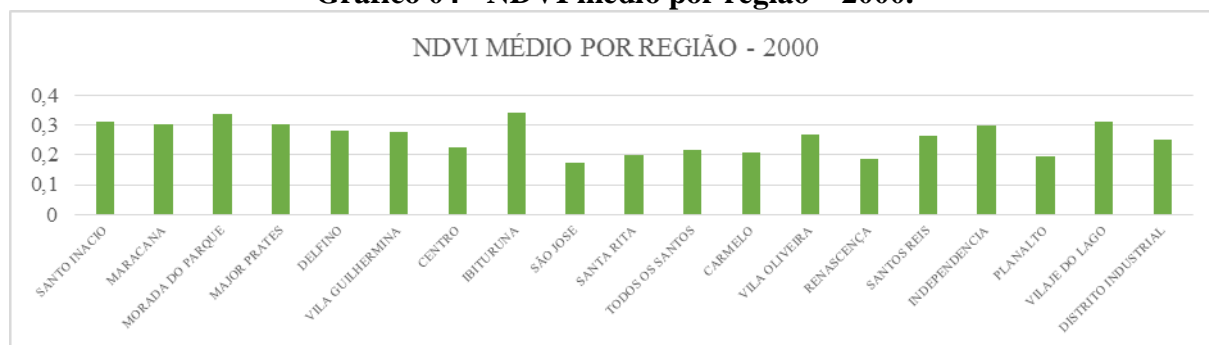


Comparando as figuras 02 e 04, observa-se que as áreas com maiores índices de vegetação na década de 1990, apresentam decréscimo significativo em 2000, no entanto, as regiões Ibituruna e Morada do Parque ainda são as que apresentam maiores índices de vegetação, gráfico 04. Considerando os dados da figura 01, é possível analisar que essas áreas sofreram expansão territorial, o que afetou significativamente o NDVI provocando o aumento de temperatura de superfície.

As zonas com índices médios de NDVI se expandem nas regiões centrais, e as de menores índices se espalham ao longo da malha sob o comportamento de alguns elementos implantados, a exemplo da rodovia que passa entre as regiões Delfino, Independência e leste do Village do Lago. O menor índice observado tem um valor de -0,39 e máxima de 0,74.

Conforme os dados do gráfico 04, São José é a região que apresentou menor índice de vegetação em 2000, seguido por Planalto e Centro, respectivamente. Se comparados com os dados do gráfico 02, isso implica que a região Planalto e São José sofreram mais decréscimo de NDVI que o centro, uma vez que apresentavam índices maiores na década de 1990.

Gráfico 04 - NDVI médio por região – 2000.

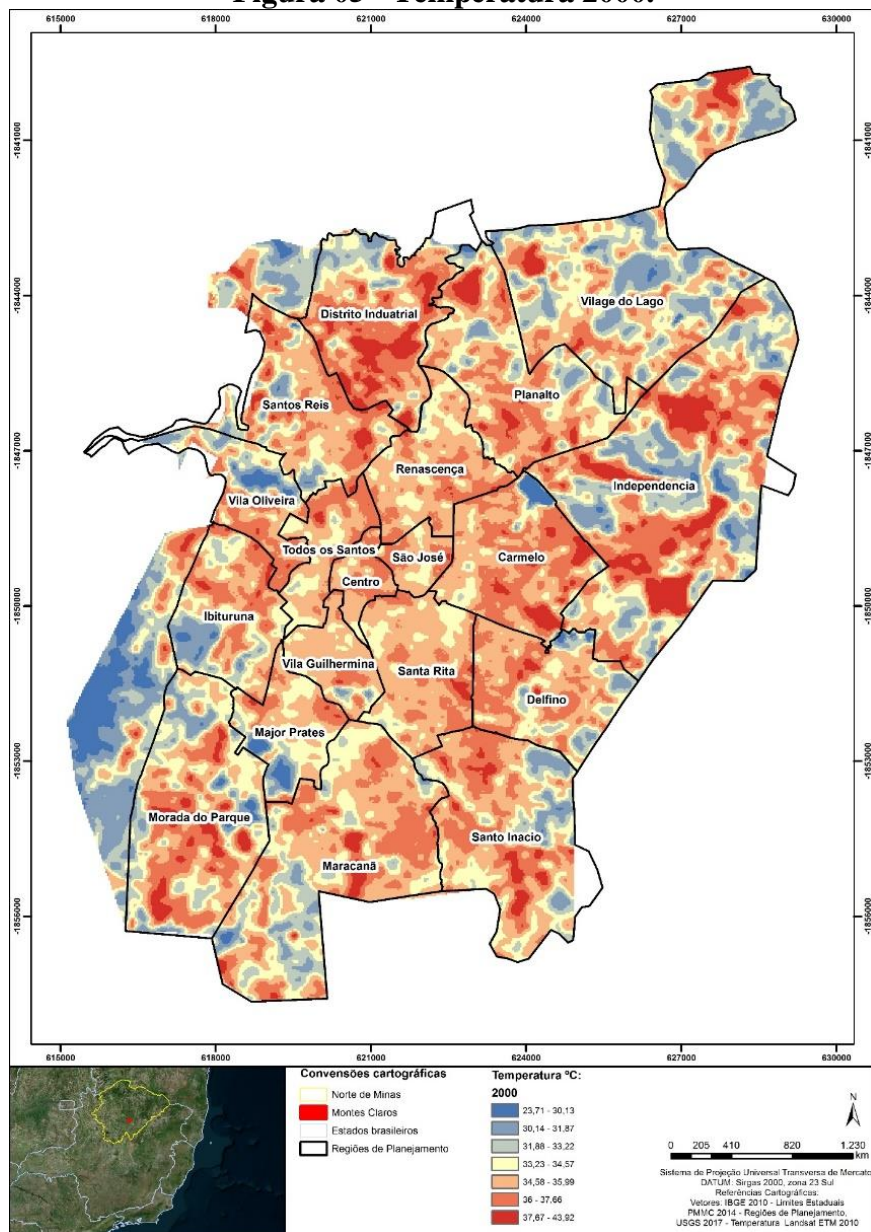


Analisando a figura 05, as zonas com variação de menores índices de temperatura apresentam-se mais reduzidas e fragmentadas ao longo da malha urbana. As regiões do Distrito Industrial e do Independência, que sofreram grande decréscimo do NDVI, aumentaram substancialmente a temperatura de superfície.

A tendência de residências mais afastadas do centro provoca urbanização em bairros limítrofes e a diminuição dos NDVI's, como exemplo do Ibituruna, que abastece grandes condomínios em Montes Claros, provocando uma lteração na condição ambiental do

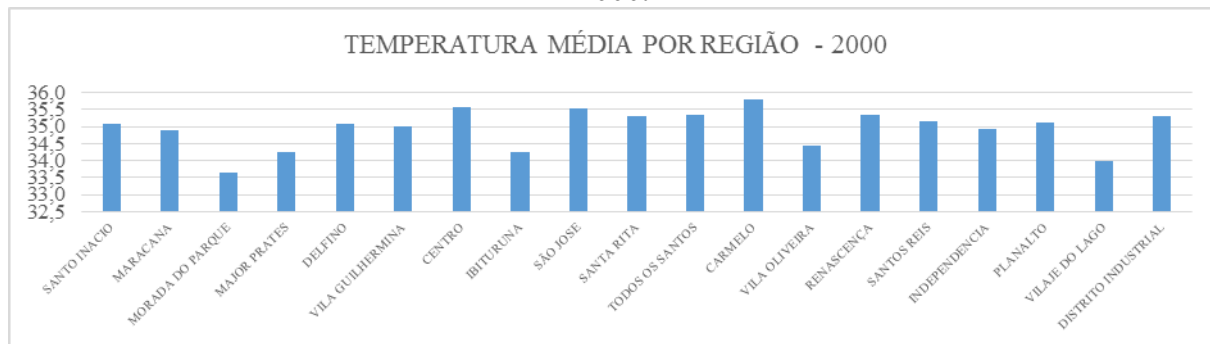
local, uma vez que esses condomínios buscam regiões com boas condições de conforto térmico ambiental.

Figura 05 - Temperatura 2000.



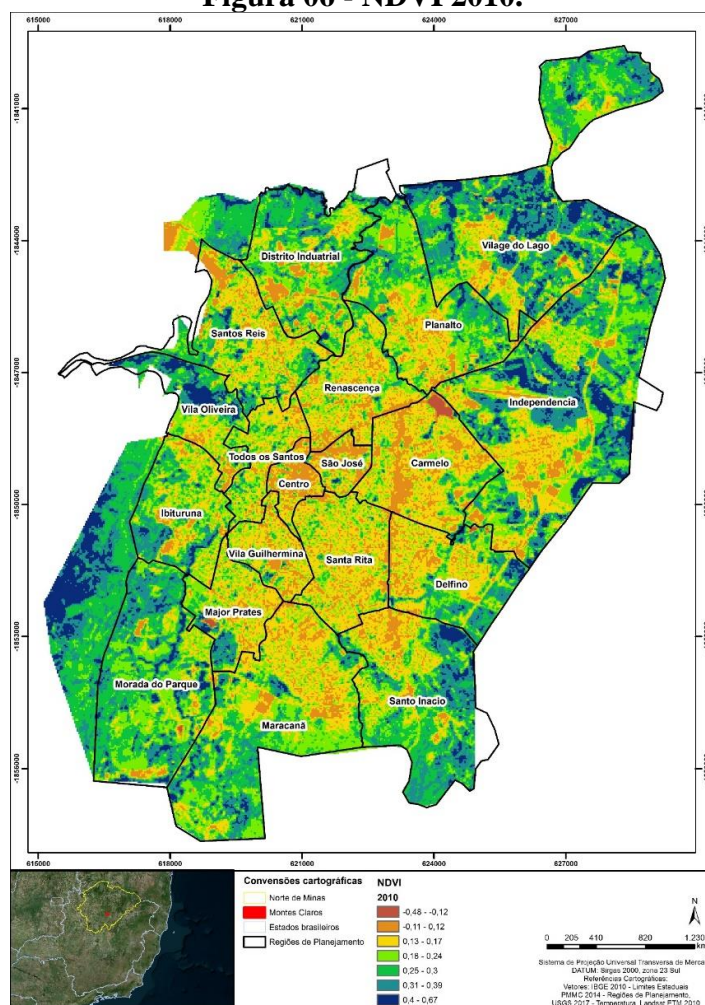
Comparando os gráficos 04 e 05, Morada do Parque é a região que apresenta menor temperatura média em 2000 e, Vilage do Lago, que apresentou menor média em 1990, sofreu um ganho expressivo, indicando uma temperatura média de 34°C. Outras regiões que denotam o mesmo quadro: Planalto, Vila Oliveira e Ibituruna, possivelmente em função da grande quantidade de solo exposto propiciada pela implantação de áreas de expansão urbana.

Gráfico 05 - Temperatura média por região – 2000.



A figura 06 ilustra que o NDVI em 2010 continua a decrescer, no entanto, pouco menos acelerado, se comparado o 2000. As zonas de variação de menores índices avançam do centro à periferia do perímetro urbano e percebe-se, a perca desses índices do centro à periferia, respectivamente.

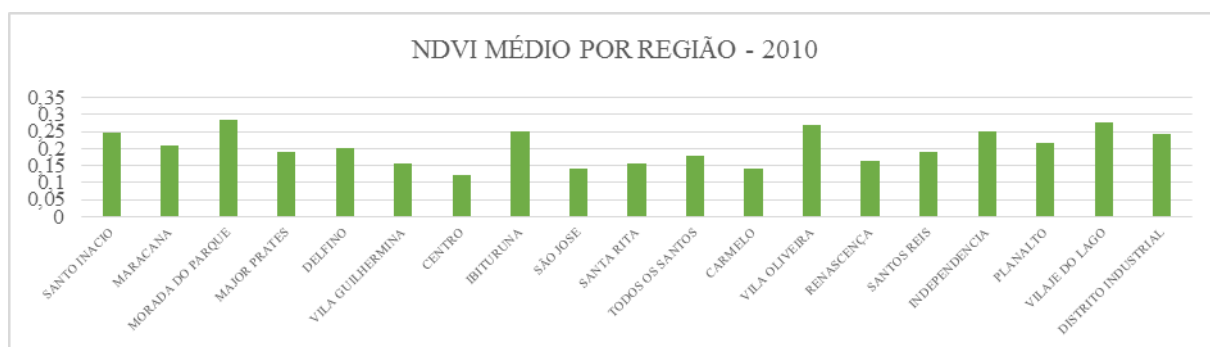
Figura 06 - NDVI 2010.



Considerando os dados dos gráficos 04 e 06, a região Centro retoma a posição de menor NDVI com 0.12, seguido pela região São José, 0.14. No entanto, isso não descreve um acréscimo do índice NDVI em nenhuma das regiões analisadas, apenas que o Centro sofre uma perda ainda maior que o a região do São José.

A região Morada do Parque apresenta o maior NDVI – 0,28 – seguida por Vilage do Lago e Vila Oliveira, respectivamente. O Ibituruna, que em 2000 apresentava maior índice, posiciona-se como a 4ª região de maior índice, o que imprime um decréscimo expressivo de vegetação.

Gráfico 06 - NDVI médio por região – 2010.



Conforme os dados da figura 07, as regiões Distrito Industrial e Maracaná comportam as zonas de variação de temperaturas mais elevadas em 2010. A região Ibituruna recebe uma zona de alta temperatura, locada na superfície das linhas de transmissão.

As regiões centrais não comportam mais as zonas com variação de maiores temperaturas, como observado na figura 05, mas uma fragmentação de zonas com variações de médias à altas, com pontos muito pequenos de zonas com variações de temperaturas baixas.

De acordo os dados do gráfico 06, a região do Vilage do Lago apresentam a menor temperatura média em 2010, indicando 33,9°C, seguida por Morada do Parque e Vila Oliveira, respectivamente. E a região do Distrito Industrial apresentou maior temperatura média em 2010, com 35,43°C.

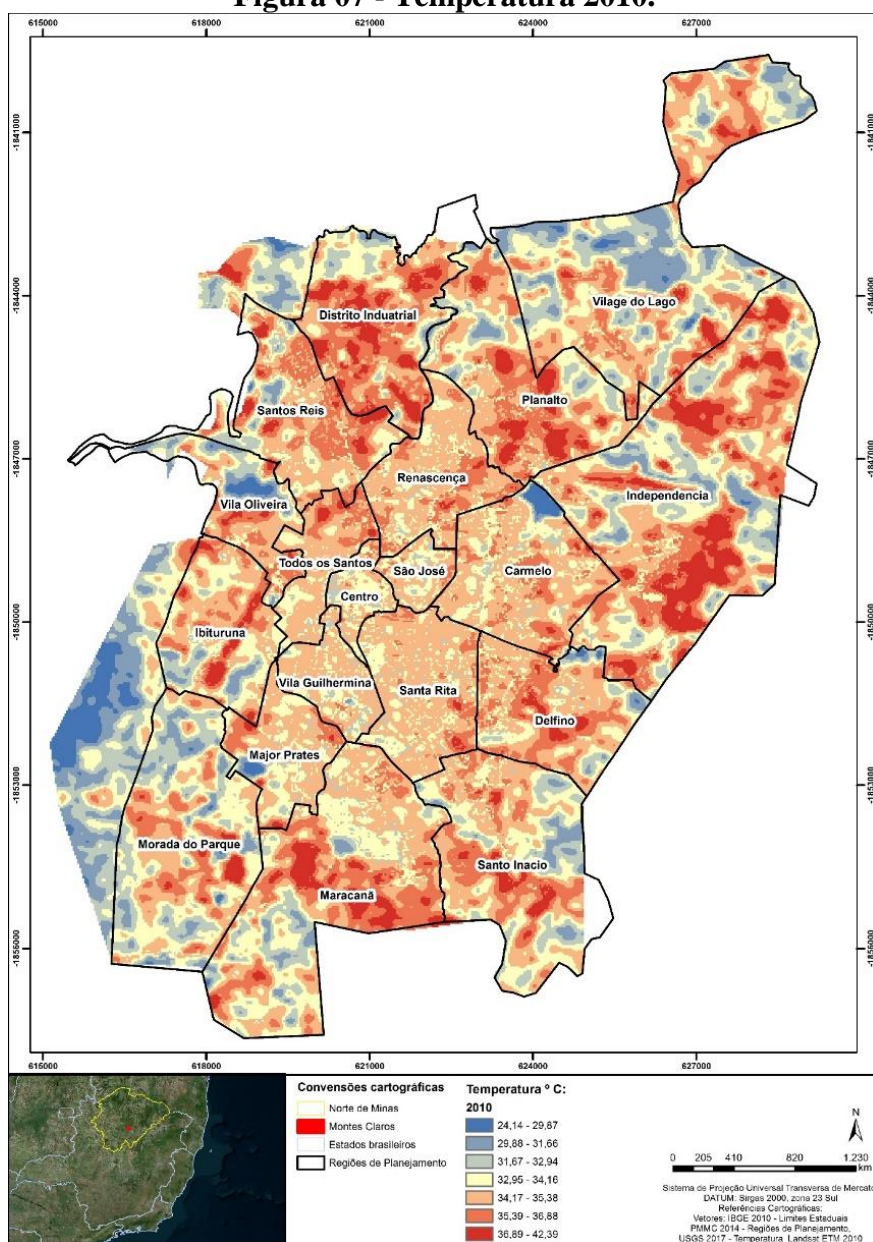
Em algumas situações, apesar do alto índice de temperatura, este tende a permanece basicamente estático, como é o caso da zona localizada na região Independência, que representa a pista do aeroporto, interferindo apenas em seu limítrofe, uma vez que as

zonas mais quentes tendem a trocar calor com as que apresentam temperaturas menos elevadas alterando assim a dinâmica térmica do entorno.

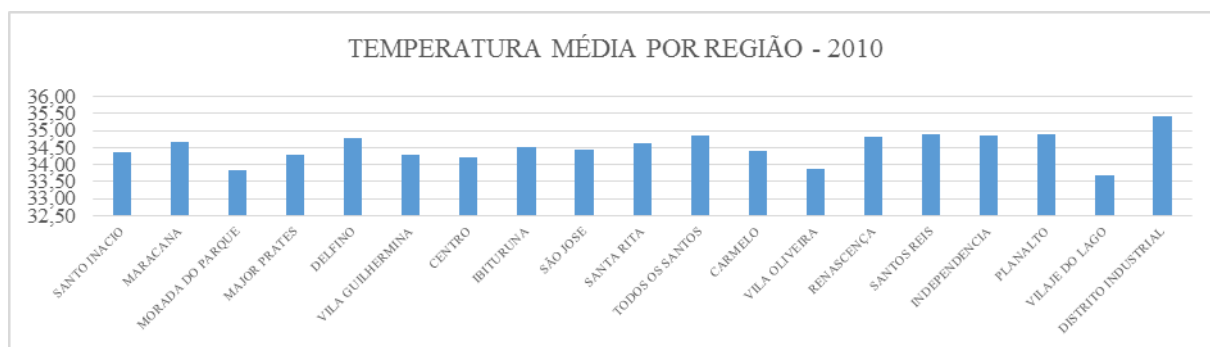
Como esperado, as regiões que sofreram expressiva urbanização nos anos estudados, apresentaram significativa perda de vegetação e aumento de temperatura, as que indicam maiores discrepância: Distrito Industrial, Planalto, Independência e Ibituruna.

Por esse motivo as zonas de variação de menor temperatura apresentam-se cada vez mais reduzida ao longo da malha urbana, haja vista que as concentrações de zonas com alta temperatura trocam calor com as zonas de menor temperatura.

Figura 07 - Temperatura 2010.



**Gráfico 06 - Temperatura média por região –
 2010.**



Analisando o gráfico 07 e considerando os dados da figura 01, é possível afirmar que a expansão territorial de 1990 para 2000 provocou um impacto negativo expressivo no NDVI do perímetro urbano em todas as regiões. No entanto, Planalto foi a região que mais sofreu decréscimo do índice.

Gráfico 07 - Comparativo dos NDVI's médio por região.

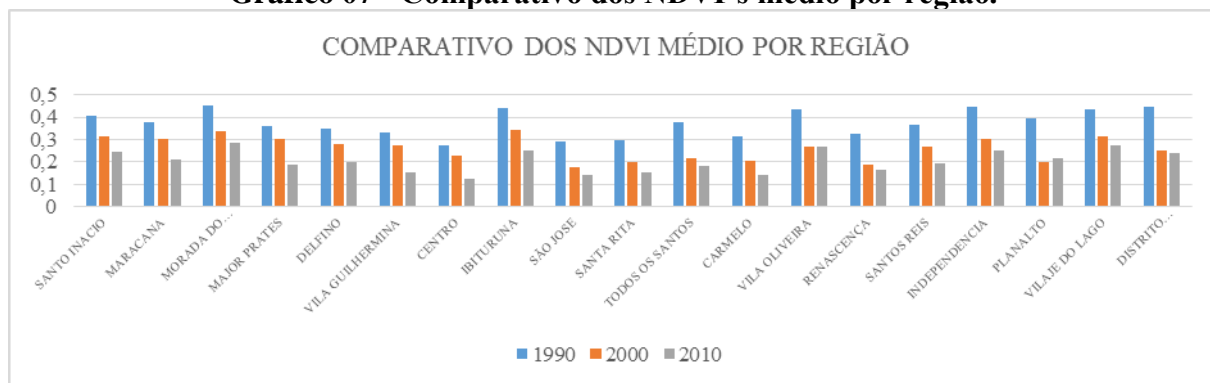
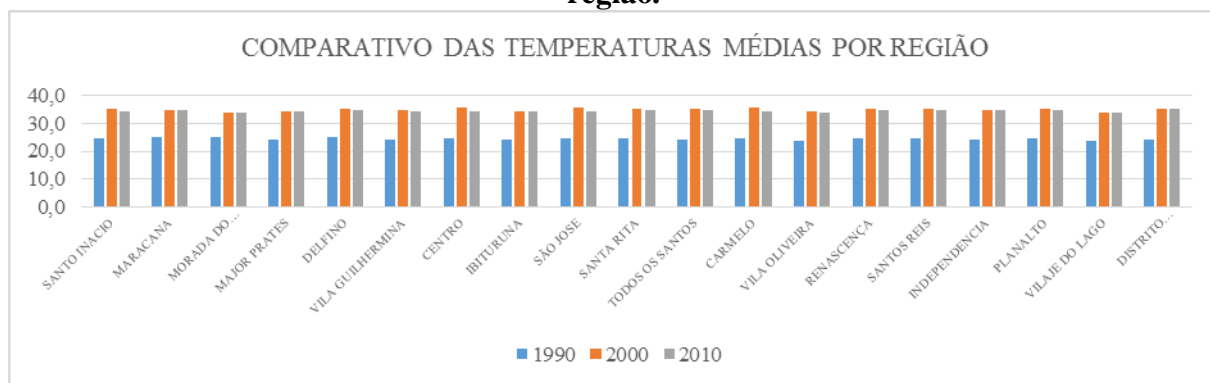


Gráfico 08: Comparativo das temperaturas médias por região.



A expansão territorial imprime o mesmo comportamento nos índices de temperatura de superfície, como demonstra o Gráfico 08, inversamente proporcional ao NDVI – observa-se um grande saldo de temperatura média em todas as regiões de Montes Claros de 1990 para 2000. Esse aumento desacelerou em 2010, e em algumas regiões apresentou-se pouco mais baixo que 2000.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O padrão de crescimento urbano brasileiro submeteu as cidades a um desenvolvimento desordenado que permitiu alterações ambientais nos centros urbanos. Essa condição provocou impactos em longo prazo que atualmente podem ser notados, que são principalmente: o aumento de temperatura, a diminuição da umidade, e a degradação dos recursos hídricos.

Entre os anos analisados, Montes Claros aponta um aumento de temperatura média de 10°C, apresentando uma temperatura média de 24,5°C em 1990, e uma média de 34,5°C em 2010. Sobre o NDVI, 1990 indica uma média de 0,37, e uma média de 0,20 em 2010.

Esses dados permitem inferir a intensificação da substituição do meio natural montesclareense, e afirmam que a prática do crescimento urbano em Montes Claros tem se reproduzido sem priorizar as questões ambientais, o que prejudicou não só o conforto da população, como também os impactos na cadeia ambiental.

As soluções que vem sendo adotadas nas cidades, como forma de remediar e amenizar os impactos ambientais, nas zonas térmicas, dos centros urbanos é a implantação ou preservação das coberturas vegetadas uma vez verificadas que as plantas desempenham papel fundamental na mitigação dos problemas de aquecimento, conforto acústico e visual, na diminuição de enchentes e de poluição.

Essas soluções devem ser incentivadas e fiscalizadas principalmente pelas políticas públicas, a fim de conscientizar desde grandes indústrias até indivíduos privados acerca das questões do meio ambiente urbano, e fazer saber que a arborização é uma condição fundamental para a qualidade de vida dos indivíduos.

Desta forma, a garantia de coberturas vegetadas nos Planos Diretores locais é extremamente positivo, para isso, é sugerido planos de paisagismo urbano com memoriais normativos acerca das espécies (prioridade da vegetação da região), planejamento e previsão das áreas de plantio, sugestão de coberturas e fachadas vegetadas, projeto de mobiliário e equipamento adequado, e principalmente programa de educação ambiental para a população, haja vista que o sucesso dos projetos urbanos dependem imprescindivelmente da participação dos usuários dos espaços.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G., TASUMI, M. AND TREZZA, R. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land) **Advanced Training and Users Manual** – Idaho Implementation, version 1.0, 97 p., 2002.
- ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; MORSE, A.; TREZZA, R.; WRIGHT, J. L.; BASTIAANSSEN, W. G. M.; KRAMBER, W.; LORITE, I.; ROBISON, C. W. Satellite-Based Energy Balance for Mapping Evapotranspiration with Internalized Calibration (METRIC) – Applications. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, ASCE, 395-406 p., 2007b.
- BARATTO, Romullo. **Ministério do meio ambiente disponibiliza documentos sobre sustentabilidade urbana.** Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/783420/ministerio-do-meio-ambiente-disponibiliza-documento-sobre-sustentabilidade-urbana>>. Acesso em 13 março. 2016.
- BASTIAANSSEN, W. G. M. Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain: A remote sensing approach under clear skies in Mediterranean climate. PhD. Dis., CIP Data Koninklijke Bibliotheek, **Den Haag, the Netherlands.** 272 p., 1998.
- BERNARDI, Jorge Luiz. **Funções sociais da cidade: conceitos e instrumentos** / Jorge Luiz Bernardi; orientador, Carlos Mello Garcias. – Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2006. 136 f.: il.; 30 cm
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Sustentabilidade urbana: impactos do desenvolvimento econômico e suas consequências sobre o processo de urbanização em países emergentes:** textos para as discussões da Rio+20: volume 3 – habitação social e sustentabilidade / Tarcisio Nunes..., [et al]. Organizadores: Brasília: MMA, 2015.
- GASRTLAND, Lisa. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas** / Lisa Gartland: tradução Silvia Helena Gonçalves. – São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

GALVÍNCIO, J.D., DANTAS, L.G., FERNANDES, J.G., SILVA, J.B., MOURA, M.S.B. & MACHADO, C. (2009). 2005, ‘Análise da temperatura do ar e da superfície no sítio Boa Felicidade Tema 2- Expansão e democratização das novas tecnologias em Geografia Física: aplicações emergentes 12 em São José do Sabugi – PB no semi-árido do Brasil’, **Revista de Geografia**, vol. 26, no. 2, pp. 124-141

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, H.B.; Balanço de Radiação e energia em Áreas de cultivo de cana-de-açúcar e cerrado no estado de São Paulo mediante imagens orbitais. Universidade Federal de Campina Grande, 2009. **Tese de doutorado em Meteorologia**, p.108.

JENSEN, J.R., **Sensoriamento Remoto do Ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres, 2da Edição traduzida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São Paulo, Parêntese, 672 p., 2009.

MENEZES, S. J. M. da Costa. Evapotranspiração regional utilizando o SEBAL em condições de relevo montanhoso. Universidade Federal de Viçosa. **Dissertação de mestrado em engenharia agrícola**. Viçosa, 2006. p.84.

NOVO, E.M.L. de M.: **Sensoriamento Remoto; Princípios e Aplicações**. 3ª ed., São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 2008.

PIRES, Erika Gonçalves, JUNIOR, Laerte G. Ferreira. **Monitoramento da temperatura de superfície em áreas de Cerrado utilizando geotecnologias**. XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014 - Campo Grande -MS 27 a 31 de julho de 2014

PLANO DIRETOR. Prefeitura Municipal de Montes Claros. **Distribuição das áreas de risco em Montes Claros – MG**. Disponível em: <<http://www.montesclaros.mg.gov.br/planodiretor/Mapas%20e%20Plantas%20Plano%20Diretor/Riscos.JPG>>. Acesso em: 01 fevereiro. 2016.

PLANO DIRETOR. Prefeitura Municipal de Montes Claros. **Uso do solo urbano em Montes Claros – MG**. Disponível em: <<http://www.montesclaros.mg.gov.br/planodiretor/Mapas%20e%20Plantas%20Plano%20Diretor/PLANTA%20USO%20DO%20SOLO.JPG>>. Acesso em: 01 fevereiro. 2016.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**, 5ª ed. Uberlândia: UFU, 2003.

SOUSA, Silvio Braz de, FERREIRA, Laerte Guimarães. **Análise da temperatura de superfície em ambientes urbanos**: um estudo por meio de sensoriamento remoto no município de Goiânia, Goiás (2002 – 2011), *Confins*[Online], 15|2012, posto online no dia 18 Junho 2012, consultado o 21 Março 2017. URL: <<http://confins.revues.org/7631>>.

TEZA, C.T.V. BAPTISTA, G.M. DE M. Identificação do fenômeno ilhas urbanas de calor por meio de dados ASTER on demand 08 – Kinetic Temperature (III): metrópoles brasileiras. Anais XII SBSR, Goiânia, Brasil, 16 – 21 abril 2005, INPE, p. 3911 – 3918.

TASUMI, M. Progress in operational estimation of regional evapotranspiration using satellite imagery. **PhD thesis**, Dept. Biological and Agricultural Engineering, University of Idaho. Idaho, 2003.

WENG, Q. DENGSHENG, L. SCHUBRING, J. Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies. **Remote Sensing of Environment**, v.66, n.23,p.467–483, 2004.

WENG, Q. & QUATTROCHI, D.A. Thermal remote sensing of urban areas: An introduction to the special issue. **Remote Sensing of Environment**, p.104, 119–122, 2006.

Autores

Bruna Reis Pereira - possui graduação em Arquitetura e urbanismo pelas Faculdades Integradas Pitágoras de Montes Claros – FIP/MOC.

Mariana Barreto Mees - Doutoranda em Arquitetura pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Mestre em Engenharia Civil da área de Arquitetura e Construção na Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Católica de Santos (2003), Licenciatura Plena em Matemática pelo Centro Universitário Claretiano de Batatais (2006) e Licenciatura Plena em Pedagogia pelo Centro Universitário Claretiano de Batatais (2008). Atualmente é professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo das Faculdades Integradas Pitágoras de Montes Claros.

Manoel Reinaldo Leite – É Graduado em Geografia pela Universidade estadual de Montes Claros Possui mestrado em Cartografia e Sensoriamento remoto, pela Universidade Federal de Uberlândia, atualmente é professor do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Montes Claros e do Departamento de Engenharia de Minas das Faculdades Integradas Pitágoras de Montes Claros.

Raul de Magalhães Filho - Possui graduação em Geografia pela Universidade Estadual de Montes Claros e Graduação em Engenharia de Sistemas pela FACOMP. Pesquisador Bolsista do Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Estadual de Montes Claros.

Artigo recebido em: 12 de abril de 2017.

Artigo aceito em: 18 de maio de 2017.