

Análise das mudanças de cobertura vegetal na geração de Ilhas de Calor. Estudo de caso: Cascavel e Ponta Grossa - PR - Brasil

Anyelle da Cruz Santos¹
Ingrid Aparecida Gomes¹
Selma Regina Aranha Ribeiro¹

¹ Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG
Caixa Postal 4748 - 84030-900 – Ponta Grossa - PR, Brasil
{anyellenani, selmar.aranha}@gmail.com
ingrid_087@hotmail.com

Abstract: The expansion of spaces urban resulting in replacement of woods by homes and building, streets and avenues, has significantly increased soil sealing and heat radiation into the atmosphere, this so, so the work aims to highlight the importance of studies of medium-sized cities as Cascavel e Ponta Grossa (PR) using Remote Sensing techniques to check the influence of changes in vegetation cover in the generation of these cities heat islands. Therefore, we used Landsat 7 ETM + satellite images. From the bands 3 and 4 of the visible near-infrared NDVI was performed for verification of the areas with the presence or absence of vegetation. The band Corresponding to the six infrared or thermal emissive, was converted into temperature to obtain the design temperature for each city. Through the enhancements made in the image it was established that the formation of heat islands is directly linked to the absence of vegetation, since the amount of green areas (green areas being understood as any plant trees not only urban but also grass, pasture) both in neighborhoods and in rural areas, are key determinants of variations in temperature, vegetated areas tend to have milder temperatures than in areas without vegetation cover.

Keywords: Remote Sensing, atmosphere, sealing, temperature.

1. Introdução

A cidade e o dinamismo urbano atuam como geradores de um clima urbano. A modificação do espaço, em forma de verticalização das edificações, impermeabilização do solo e redução das áreas verdes, causa “alterações nos atributos climáticos locais”, representadas por inundações, poluição do ar e Ilhas de Calor (Jesus, 1995).

Nas últimas décadas, o estudo de clima urbano e de Ilhas de Calor vem se destacando e ganhando muita importância na área de Sensoriamento Remoto. Essa técnica permite, além da visão em diferentes escalas, realizar avaliações mediante dados do sensor infravermelho termal (de temperatura aparente da superfície) fornecendo a temperatura qualitativa da cidade, ou seja, o desenho da temperatura local (Coltri et al. 2007).

Temperaturas elevadas em áreas urbanas aumentam uso de ar-condicionado e favorecem a concentração da poluição do ar. As áreas urbanas contemporâneas têm superfícies mais escuras e menos vegetação. Estas diferenças afetam o clima, o uso de energia, e a habitabilidade das cidades. Superfícies escuras e vegetação reduzida aquecem a camada de ar acima das áreas urbanas, conduzindo à criação de Ilhas de Calor (Akbari, 2001).

A Ilha de Calor resulta do processo de crescimento urbano, a partir da alteração da superfície e da atmosfera local por conta da modificação da cobertura do solo - construção de casas, edifícios, impermeabilização do solo (asfalto e concreto), retirada da cobertura vegetal e das próprias atividades antrópicas, fornecendo a absorção do fluxo radiante solar, que propicia um aumento significativo da irradiação de calor para a atmosfera em comparação com as zonas periféricas ou rurais, onde não é visto um processo de ocupação tão intenso em comparação ao entorno da cidade, Camargo et al. (2007).

A intensidade e a extensão espacial da ilha de calor urbana dependem da localização da cidade, da morfologia urbana, ou seja, a formas e a densidade das construções, das condições

climáticas e da sucessão das situações sinópticas e tipos de tempo (Cantat, 2004). A formação das Ilhas de Calor como sua intensidade pode ser influenciada desde a localização geográfica até condições climatológicas do dia, (Perez et al., 2001). Porém as características específicas de cada cidade são sem dúvida as mais importantes, principalmente no que diz respeito ao tamanho, densidade populacional, dia da semana, a cultura local (Tarifa, 1994).

A presença de Ilhas de Calor na maioria das vezes está relacionada a pouca ou nenhuma vegetação, como parâmetro de medida os índices de vegetação são utilizados como indicadores da presença de cobertura vegetal. Os índices de vegetação, dentre outras coisas, ressaltam o comportamento espectral da vegetação em relação ao solo e a outros alvos da superfície terrestre, Moreira, (2005). Desse modo para identificar se as áreas apresentam ou não vegetação foi utilizado um índice de vegetação o NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) que é o índice de vegetação mais conhecido e utilizado para estudos de caracterização e monitoramento da vegetação, dentre outras aplicações. Este que aproveita a diferença de resposta espectral da vegetação nas bandas do vermelho e infravermelho, para estimar o nível de estresse hídrico das plantas, Rouse et al.(1974).

O NDVI tem sido amplamente utilizado em estudos globais como um discriminador de vegetação, porque pode ser facilmente correlacionado a determinados parâmetros de vegetação, tais como biomassa vegetal, área foliar, produtividade, atividade fotossintética, porcentagem de cobertura verde, entre outros, Elvidge e Chen, (1995).

Trata-se de um índice muito simples, resultante da diferença entre a reflectância no infravermelho próximo (IVP) e reflectância no vermelho (V), dividida pela soma das duas reflectâncias, Townshend, (1994).

Esse índice é expresso pela seguinte equação (Equação 1):

$$NDVI = (IVP - V) / (IV + V) \quad (1)$$

Os valores de NDVI variam dentro do intervalo compreendido entre [-1,1], sendo que a vegetação apresenta valores positivos e próximos de 1, uma vez que a resposta espectral é maior no infravermelho próximo do que no vermelho. Percebe-se que no caso da resposta da vegetação, quanto mais saudável é a planta, mais próximo da unidade será o resultado do índice de vegetação. Os solos expostos ou com vegetação rala apresentam valores positivos próximos a zero. Jensen (2000).

Os processos de mudança da cobertura vegetal e uso do solo são parte das discussões globais de meio ambiente há décadas, pois os processos que ocorrem na superfície do planeta têm influência no clima. Os sistemas terrestres respondem às alterações antrópicas, causando mudanças em seus ciclos, que em resposta vão afetar as atividades humanas, Anderson e Shimabukuro, (2007).

No século XX, pelo intenso processo de urbanização ocorrido, muitos estudos sobre as Ilhas de Calor Urbana (ICU) foram realizados, principalmente em grandes cidades, porém poucos estudos foram realizados em cidades médias¹, Amorin, et, al, (2009). Neste sentido este trabalho tem por objetivo diagnosticar a presença de Ilhas de Calor com base nas mudanças da cobertura vegetal ocorrida entre as cidades de porte médio, Cascavel e Ponta Grossa, a partir de imagens do satélite Landsat 7 ETM +, visto que as imagens de satélite podem ajudar a compreender a distribuição das fontes de calor dentro de uma área urbana que levam a formação de Ilhas de Calor.

1. Metodologia de Trabalho

A área selecionada para a pesquisa compreende duas cidades localizadas no Estado do Paraná, Ponta Grossa e Cascavel, visto que ambas possuem características peculiares, são cidades paranaenses de porte médio, sendo que Cascavel tem área urbana de 89,98 km² e

305.545 habitantes, com uma altitude média de 785 metros. Ponta Grossa possui um perímetro urbano de 91.72 km² e 283.193 habitantes, com uma altitude média de 975 metros. A localização de ambas as cidades está representada na figura 1.

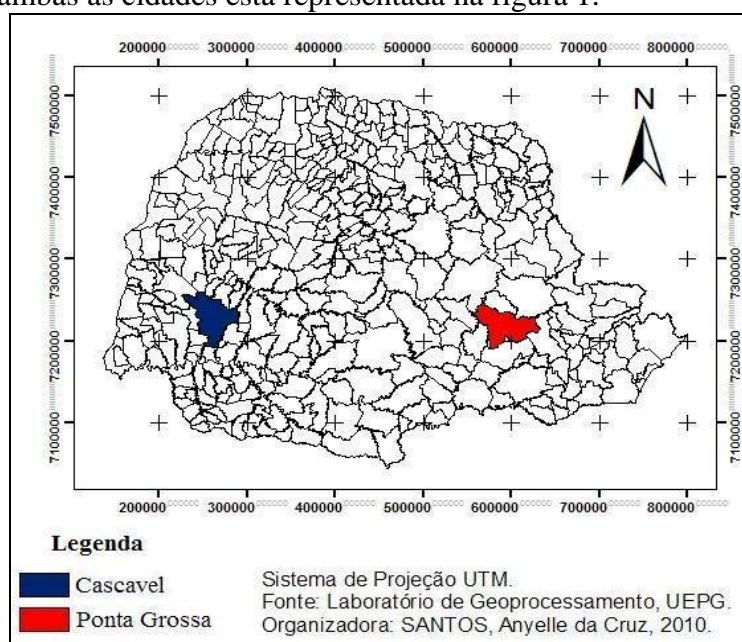


Figura 1. Localização das cidades de Cascavel e Ponta Grossa (PR).

Para as análises dos dados das cidades foram utilizadas as bandas espectrais 3, 4, e 6 do satélite Landsat 7 ETM+, onde a banda do visível e do infravermelho possuem resolução espacial de 30 metros e a banda 6 (infravermelho termal) possui resolução espacial de 60 metros. Todos os processamentos de imagens digitais foram realizados nos programas ENVI 3.6 e IDRISI 3.2.

As imagens foram adquiridas gratuitamente no site do INPE. Utilizaram-se as imagens dos meses de março, sendo que a de Cascavel é do ano de 2003, órbita 223, ponto 77 e de Ponta Grossa do ano de 2002, órbita 221, ponto 77.

No ENVI 3.6 foram feitos os recortes da área urbana das cidades para maior ênfase da área de interesse.

Para a transformação dos níveis de cinza das bandas termais em temperatura aparente de superfície, utilizou-se o *software* IDRISI 3.2. Os dados de emissividade da banda termal, infravermelho emissivo, foram transformados em informações de temperatura.

Para verificar a cobertura vegetal foram realizados realces na imagem com Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), nas duas cenas, de Cascavel e Ponta Grossa.

As temperaturas foram adquiridas por meio de um ofício e um termo de compromisso, que foram enviados ao Instituto Tecnológico SIMEPAR, solicitando os dados de temperatura dos meses de março e dos anos de 2002 e de 2003. Os dados foram recebidos na forma de tabelas. Os dados processados dessas temperaturas está apresentado nos resultados e discussões em forma de gráfico.

2. Resultados e Discussão

Os dados de temperatura das cidades de Cascavel e Ponta Grossa (PR), fornecidos/cedidos pelo SIMEPAR, foram processados e o resultado está apresentado no Gráfico 1.

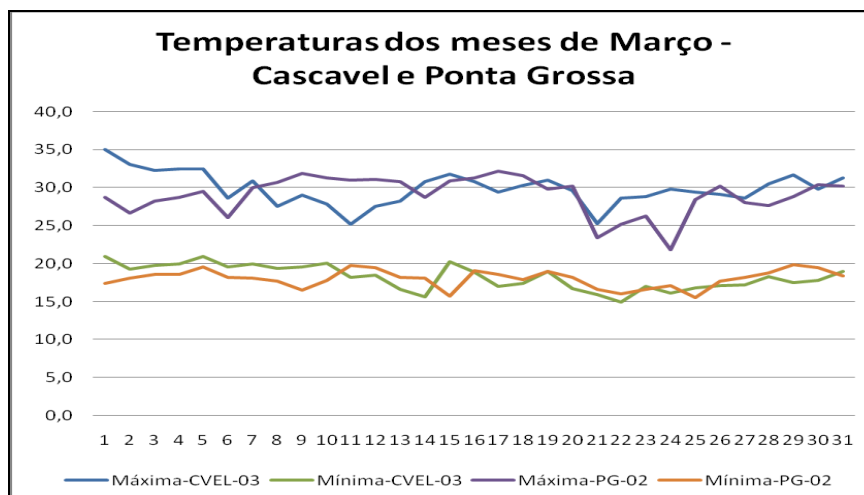


Gráfico 1: Dados de temperatura das cidades de Cascavel e Ponta Grossa (PR).

Fonte: SIMEPAR.

Os dados das temperaturas mensais das cidades de Cascavel e Ponta Grossa foram somados, separadamente, e divididos por 31 (número de dias no mês) para se obter a média das temperaturas mensais. A média mensal da cidade de Cascavel referente ao mês de março de 2003 é 24,1°C e a média mensal da temperatura de Ponta Grossa referente ao mesmo mês, porém do ano de 2002 é 23,5°C.

A imagem orbital de Cascavel utilizada neste trabalho é do dia 02 de março de 2003, a média da temperatura neste dia foi de 26,1°C, ou seja, a temperatura é de 2°C acima da média mensal da cidade. A imagem orbital da cidade de Ponta Grossa é do dia 17 do mês de março de 2002 e teve como média de temperatura no dia 25,4°C, a temperatura se encontra 1,9°C acima da média mensal da cidade.

Embora os anos das imagens sejam distintos a variação de temperatura no mês de março em Cascavel comparada a Ponta Grossa, no mesmo mês, variou 0,6°C. Assim justifica-se o uso de imagens de anos distintos para cidade de Cascavel e Ponta Grossa, porque os resultados da variação de temperatura não alteram os resultados do objetivo do trabalho.

O resultado da transformação da imagem de emissividade em temperatura é mostrado na figura 2 (a e b). Quanto às imagens termiais transformadas em valores de temperatura, as áreas da cidade que apresentam maior número de materiais utilizados na construção civil fazem com que uma alta irradiação seja emitida para atmosfera interferindo de forma drástica no balanço de energia local causando um reflexo imediato na temperatura, como mostra as imagens termiais das cidades, representadas na figura 2 (a e b).

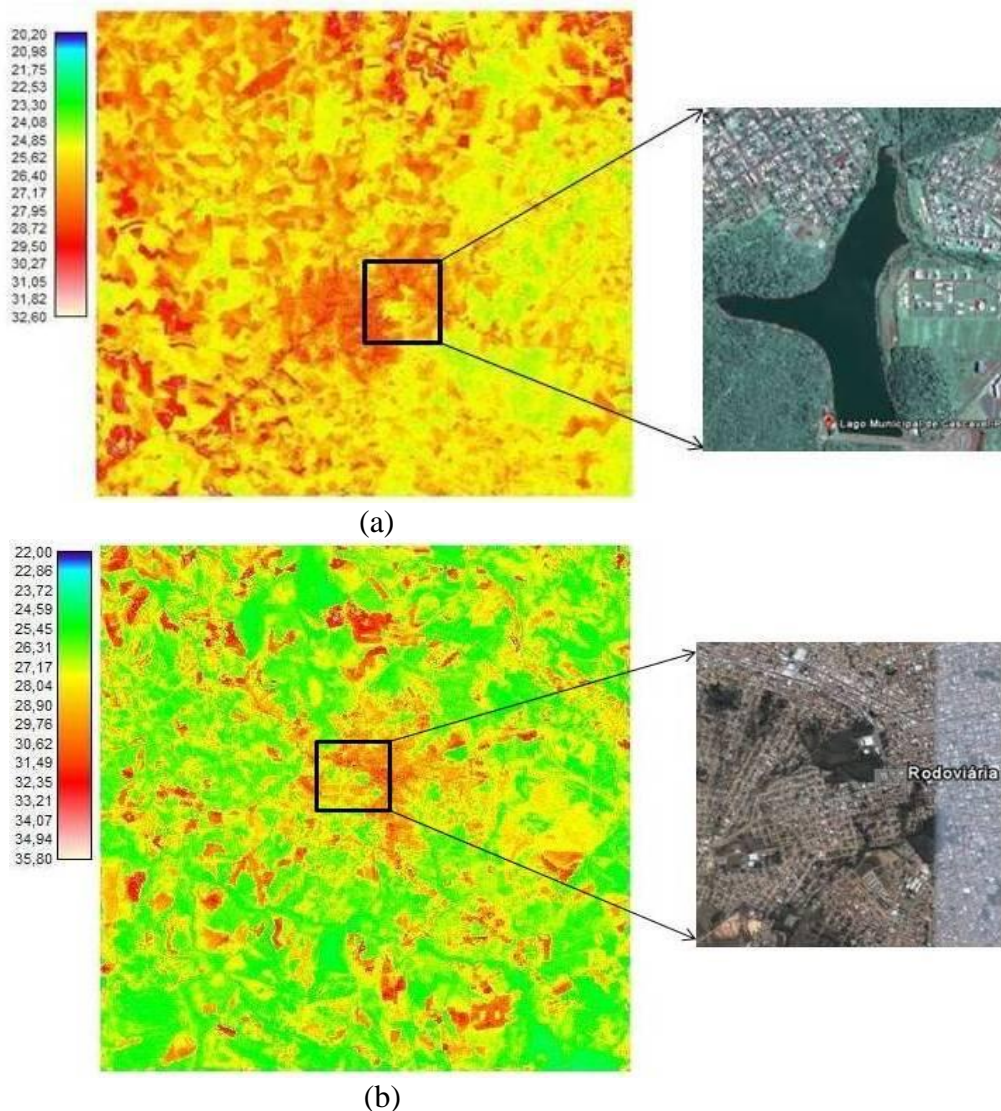


Figura 2: Imagens termal: (a) imagem termal da cidade de Cascavel, do mês de março de 2003; (b) imagem termal de Ponta Grossa, do mês de março de 2002 e as respectivas paletas de cores referentes a temperatura.

Observando as imagens termais, destaca-se que as maiores temperaturas da cidade de Cascavel, 30,2 a 32,6°C são identificadas na área rural. Cascavel é uma área agrícola e essas áreas identificadas como solo exposto correspondem a áreas onde foi realizada colheita na data em que foi adquirida a imagem, apesar de não terem sido encontradas essas informações. A presença de solo exposto aumenta o calor da área e é transportado para a cidade intensificando a Ilha de Calor, segundo Coltri et al. (2007). No centro urbano as temperaturas estão em torno de 27 a 28,7°C, devido à presença de materiais construtivos que elevam a temperatura. Ainda no centro urbano de Cascavel, nas áreas com presença de vegetação a temperatura varia de 22,5 a 24°C, por haver maior evapotranspiração, a vegetação libera vapor d'água em seus arredores aumentando a umidade relativa e diminuindo a temperatura do ar. Próximo ao lago Municipal de Cascavel, as temperaturas ficam em torno de 24,8 a 26,4°C, devido à presença do corpo d'água e vegetação em seu entorno, destacado na Figura 2 (a).

A cidade de Ponta Grossa apresenta índices de temperatura entre 24,5 e 27°C, são em áreas onde se concentra grande parte da vegetação, visto que apesar da grande perda de ambientes naturais no Paraná, a cidade contribui de forma significativa para os índices de

cobertura florestal e áreas de reflorestamento, representando 8,69 % da sua cobertura florestal. Em poucos pontos da área rural há presença de solo exposto com temperaturas que chegam a 35°C. O centro urbano apresenta temperatura entre 27 e 31°C, o aumento da temperatura nesses locais, como já se sabe, está relacionado à alta densidade de construções, asfalto e concreto. Em alguns locais, ocorrem superfícies com temperaturas mais baixas entre 22 e 23°C, são áreas próximas a corpos hídricos, como está destacado na imagem b (área próxima ao arroio da Ronda). Devido as suas características geomorfológicas, Ponta Grossa apresenta relevo bastante acidentado, facilitando o surgimento de vales profundos e conseqüentemente a exposição do lençol freático.

A Figura 3 (a e b) mostra o processamento final dos índices de vegetação das cidades de Cascavel e Ponta Grossa. Nessas imagens onde foi realizado o índice de vegetação por diferença normatizada (NDVI) apresentam valores entre -1 e +1 mostrando que, os valores entre -1 (em preto) denotam a não presença de vegetação e +1 (em branco) indicando a presença de vegetação. Desse modo percebe-se que as áreas onde se encontram a cidade e a presença de solo exposto são as áreas onde ocorrem valores abaixo de 1, caracterizando a pouca ou nenhuma presença de vegetação. Os valores próximos de 1 foram encontrados na área rural da cidade.

Na figura 3 estão expressos os índices de vegetação (NDVI) de Cascavel e de Ponta Grossa.

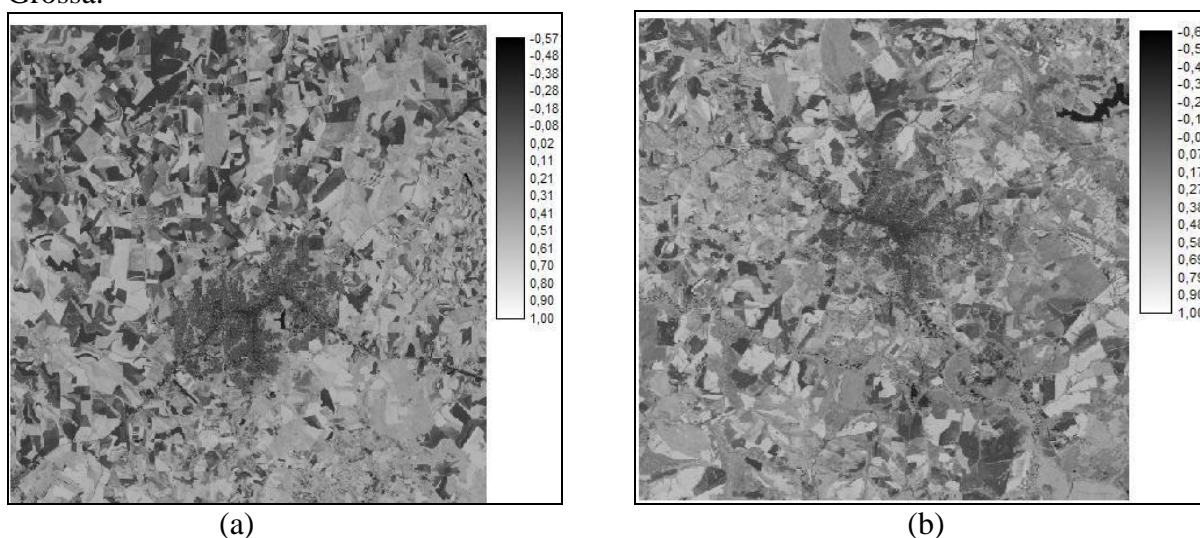


Figura 3: NDVI: (a) Cascavel; (b) Ponta Grossa.

A urbanização e as características do uso do solo são responsáveis pela distribuição da temperatura do ar gerando Ilhas de Calor nos bairros densamente construídos e no centro, durante o dia áreas comerciais, de serviços e de transportem possuem temperaturas mais altas. As menores temperaturas foram encontradas nos corpos d'água, vegetação e terras de uso agrícola, a presença de vegetação tem papel fundamental para amenizar as altas temperaturas, como visto nos índices supracitados. Desse modo nota-se que, a intensidade das Ilhas de Calor está intimamente relacionada com a quantidade de áreas verdes, não somente árvores urbanas, mas também grama, pasto, tanto dos bairros quanto da área rural.

3. Conclusões

Considerando como uma das causas da existência de Ilhas de Calor a condição da superfície, que se traduz na cobertura do solo, percebe-se que as áreas centrais das cidades de Cascavel e de Ponta Grossa, áreas que apresentam um elevado índice de materiais utilizados na construção civil, como asfalto e concreto, apresentam um aumento da temperatura local. Nas áreas rurais da cidade, pela grande presença de solo exposto, também ocorre o aumento

das temperaturas, visto que, os impactos gerados pelo corte da vegetação são evidenciados através do aparecimento das Ilhas de Calor.

Porém como afirmou Rosset (2004): as áreas verdes urbanas devem ser manejadas como um recurso de uso múltiplo para o benefício das comunidades, pois elas vão minimizar alguns efeitos adversos ao ambiente urbano, tornando o ambiente mais agradável através do sombreamento, amenização da temperatura, redução de resíduos e embelezamento, contribuindo assim para a qualidade ambiental de vida, como se constatou nesse estudo onde na cidade de Cascavel, devido à presença do Lago Municipal de Cascavel que se encontra dentro do Parque Ecológico Paulo Gorski, e que são locais que apresentam uma vasta quantidade de vegetação, desse modo, apresentam temperaturas mais amenas que a área central da cidade e proporciona um maior conforto térmico aos visitantes do Parque. Em Ponta Grossa com o fundo de vale do Arroio da Ronda, que também possui uma grande área de cobertura vegetal a temperatura também aparece inferior as outras áreas da cidade, melhorando a qualidade de vida dos habitantes do entorno.

A caracterização da cobertura vegetal é crucial, principalmente para apoiar a tomada de decisões pelos planejadores que devem visar principalmente à qualidade ambiental aliada a qualidade de vida da população, visto que a qualidade ambiental de áreas urbanas é influenciada por fatores como a presença de vegetação, desmatamentos, solos degradados, ocupações desordenadas. Apesar disso, segundo Alvarez (2004), o verde é o elemento mais frágil nas cidades, uma vez que sofre diretamente os efeitos da ação antrópica, representado pelas pressões da urbanização e do adensamento populacional. Para garantir o mínimo de bem estar à população, é importante quantificar os elementos presentes como verde nas cidades, a exemplo do Parque em Cascavel e o Arroio da Ronda em Ponta Grossa, áreas verdes que devem ser preservadas para manter o bem estar da população nesses locais.

Agradecimentos

Ao SIMEPAR pelo fornecimento dos dados de temperatura e a Fundação Araucária pelo financiamento do projeto de Iniciação Científica.

Referências

ANDERSON L. O.; SHIMABUKURO Y. E. *Monitoramento da cobertura terrestre: fenologia e alterações antrópicas*. O sensor Modis e suas aplicações ambientais no Brasil/ organizadores, Bernardo F. T. Rudorff, Yosio E. Shimabukuro, Juan C. Ceballos- São José dos Campos, SP: A. Silva Vieira Ed.,2007. P.185-205.

ALVAREZ, I. A. Qualidade do espaço verde urbano: uma proposta de índices de avaliação. Piracicaba, 2004. Tese (doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - USP.
Disponível em: < <http://lmq.esalq.usp.br/videografia/alvarezIvan.pdf>>

AMORIM, M. C. de C. T; DUBREUIL, V; QUENOL, H e J NETO, J. L. S « Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França) », Confins [Online], 7 | 2009.
Disponível em: < revues.org/index6070.html>

BIAS, E. de S.;BAPTISTA, G. M. de M.; LOMBARDO, M. A.: Análise do fenômeno de ilhas de calor urbana, por meio da combinação de dados Landsat e Ikonos. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11. 2003, Belo Horizonte. Anais XI SBSR, Belo Horizonte, 2003. P. 1741-1748.
Disponível em: < <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/>>

CANTAT O. L'îlot de chaleur urbain parisien selon les 'types de temps'. Norois, 191, p.75-102.
COLTRI, P. P. et al.:Ilhas de Calor da estação de inverno da área urbana do município de Piracicaba, SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, Florianópolis. Anais do XIII SBSR, Florianópolis, 2007. P. 5151-5157. Acesso em 30 de junho de 2010.
Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr/>> Acesso em 14 de junho de 2010.

CUNHA, J. E., RUFINO, L. A. « Identificação das mudanças na cobertura vegetal da bacia do São João do Rio Peixe por meio de imagens do Landsat-5 TM». XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009. Disponível em: < <http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki>> acesso em 05 de julho de 2010.

INPE- *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: Catálogo de imagens CBERS*. 2010. Disponível em: <<http://www.inpe.br>> acesso em 03 de junho de 2010.

IDEIÃO, S. M. A., et. al, Geotecnologias na determinação da temperatura da superfície e espacialização da pluviometria no Estado da Paraíba. IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Disponível em: <http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/GeoTermal/Publica> acesso em 19 de junho de 2010.

JENSEN, J. R. Sensoriamento Remoto do ambiente, uma perspectiva em recursos terrestres. Editora Parêntese, São José dos Campos, São Paulo, Brasil, 2009. Acesso em: 06 de junho de 2010.

JESUS, E.F.R. (1995) Espaço, tempo e escala em Climatologia. São Paulo. 217 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

MODNA, Daniela, VECCHIA, Francisco. Calor e áreas verdes: um estudo preliminar do clima de São Carlos, SP. Curitiba, PR, 2003.

MOREIRA, M. A. Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação, 30 edição. Editora UFV

NASCIMENTO. D. T. F. BARROS, J.R. «Utilização da banda termal para levantamentos de valores de temperatura: uma discussão inicial do emprego de dados orbitais na identificação de ilhas de calor» eixo 1: técnicas e métodos de cartografia, geoprocessamento e sensoriamento remoto, aplicadas ao planejamento e gestão ambientais, Universidade Federal de Goiás, 2008. Disponível em: < <http://www.geo.ufv.br/simposio>> acesso em 02 de julho de 2010.

NASCIMENTO. D. T. F, SOUZA, S. B., OLIVEIRA, I. J. «A relação entre os valores de temperatura superficial terrestre (TST), o uso e cobertura do solo e a topografia do município de Minaçu - GO (2001) », *Ateliê Geográfico*, Goiania, Go, V. 3, No 7, 2009. Disponível em: < <http://www.revistas.ufg.br/index.php/>> . acesso em: 07 de junho de 2010.

ROUSE, J.W. R.H. HAAS, J.A. SCHELL, D.W. DEERING, J.C. HARLAN. Monitoring the vernal advancement of retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation. NASA/GSFC, Type III, Final Report, Greenbelt, MD,1974, 371p.

SERAFIM, A. R., O verde na cidade: análise da cobertura vegetal nos bairros do centro expandido na cidade do Recife - PE. UFRPE, 2007. Disponível em: < <http://www.anppas.org.br/encontro4/cd/ARQUIVOS/>>. Acesso em: 15 de julho de 2010.

TEZA, C. T. V.; BAPTISTA, G. M. de M. Identificação do fenômeno de ilhas urbanas de calor por meio de dados ASTER on demand 08-Kinetic Temperature(III): metrópoles brasileiras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. Goiânia, 2005. Anais do XII SBSR. P. 3911-3918. Disponível em : <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/>>. Acesso em : 30 de junho de 2010.

YOUNG, A. F. ROCHA, J. V. «Aplicação de índices relativos de vegetação e temperatura para as análises das mudanças nos padrões de cobertura vegetal de Curitiba (PR) », *Floresta e Ambiente*, SP, 2005. Disponível em: < <http://libdigi.unicamp.br/>> acesso em : 02 de julho de 2010.