

CARACTERIZAÇÃO DO ALBEDO EM ÁREAS RESIDENCIAIS NA CIDADE DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

FABIANA LOURENÇO E SILVA FERREIRA

RESUMO

Este artigo consiste em caracterizar o albedo de áreas de uso predominantemente residencial em São José dos Campos, SP a partir da tipologia construtiva de suas superfícies e coberturas de edificações, pretende fornecer informações sobre as superfícies urbanas, seus materiais, e o nível de renda de sua população. Tem o objetivo de identificar fatores que se relacionam com o aquecimento das cidades, influenciam a demanda de energia em edifícios e determinam a quantidade de calor que é transmitida para edifício e para o seu entorno.

O aumento das concentrações humanas nas cidades reflete na alteração das superfícies terrestres e no aumento das áreas edificadas e pavimentadas, em detrimento das áreas verdes e de drenagem resultando no aumento da absorção da radiação solar. O fenômeno de aquecimento das cidades é denominado Ilha de Calor, as mesmas não causam apenas desconforto térmico, são responsáveis pelo aumento do uso da energia e da poluição ambiental.

O aumento das temperaturas tem consequências imediatas no clima local dentre os quais pode-se citar: ventos e chuvas mais intensos, alterações nos ciclos hidrológicos, alta incidência de raios e altos índices de poluição do ar dado os efeitos fotoquímicos associados.

O tema escolhido surge da necessidade de entender os fenômenos associados para propor soluções passivas, que possam mitigar os efeitos negativos das ilhas de calor em edificações residenciais e seu entorno e favorecer o conforto humano em paralelo a diminuição da demanda de energia.

INTRODUÇÃO

A radiação solar é a maior fonte de energia para o planeta, tanto como fonte de luz como fonte de calor. Influencia diretamente o clima, o conforto humano e a demanda energética; causa também efeitos biológicos e físicos distintos nos seres vivos e nos materiais.

A diminuição da absorção da radiação solar pelos materiais construtivos em paralelo à ampliação das áreas drenagem, vegetação e sombra nos centros urbanos pode mitigar os efeitos negativos das ilhas de calor e favorecer o resfriamento das superfícies urbanas melhorando as condições de conforto dos habitantes nos dias quentes, dentro e fora dos edifícios, minimizando a formação de poluição fotoquímica nas áreas urbanas, e reduzindo a demanda de energia com resfriamento de ar.

Alguns materiais ficam mais frios quando expostos aos mesmos níveis de radiação solar, o ganho de calor dos materiais depende de suas características físicas e de utilização. Por características físicas, entendem-se aquelas que conferem aos materiais qualidades espectrais específicas: albedo e emissividade, e são decorrentes do processo de fabricação, da composição química e conformação dos materiais. Por características de utilização, entendem-se aquelas decorrentes da instalação dos materiais: inclinação, características do entorno, posicionamento geográfico e clima.

O tema deste artigo pretende fornecer subsídios para a compreensão dos fenômenos acima relacionados, uma vez que os padrões construtivos, níveis de vegetação e fatores sociais associados interferem no clima urbano, tem como objetivo caracterizar o albedo das superfícies em áreas predominantemente residenciais na cidade de São José dos Campos em diferentes setores sócio econômicos do município e verificar como tipologias ou padrões construtivos influenciam no albedo de uma determinada área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

O tema escolhido baseia-se nos preceitos da Arquitetura Bioclimática e da Sustentabilidade Social. A arquitetura Bioclimática é definida como ciência da arquitetura, especialmente energética, que rejeita os ambientes desumanos e o desperdício de energia, buscando atender as necessidades básicas do ser humano, através do emprego de tecnologias apropriadas, dadas pelas condições socioeconômicas de cada local, em dadas condições climáticas (Szokolay, 1995). A sustentabilidade social contempla ambiente e sociedade, preconiza o uso dos recursos naturais dentro dos limites planetários, satisfazendo as necessidades de bem estar do homem e a equidade. Propõe uma mudança nas relações de consumo da sociedade globalizada (Rogers, D. S. et. al. 2012).

Decisões que são tomadas nas fases iniciais de desenho da construção, tem consequências significantes para processo de otimização da demanda de energia em edificações. (Energy Forum 2013, Hollberg, A.; Jürgen R.).

No Brasil os telhados residenciais seguem, na maioria das vezes, padrões da Arquitetura Colonial, caracterizam-se por coberturas de duas águas com estrutura em madeira e recobrimento em telhas de barro. Percebe-se que no decorrer dos anos esta tipologia sofre variações, que se dão em função da importação e desenvolvimento de técnicas construtivas e avanços tecnológicos dos materiais e meios de produção. Atualmente, as telhas de cimento, vêm sendo utilizadas como uma versão moderna das telhas de barro. Observa-se também o uso de telhas de fibrocimento e em alguns casos a utilização de lajes expostas. Dentre os fatores que determinam a escolha dos materiais podemos citar a disponibilidade de compra, o uso e tipologia das edificações, o custo financeiro aliado a questões técnicas, e fatores sócio culturais associados. (www.escolher-e-construir.eng.br/materiais/telha/menu.htm).

Atualmente o mundo se concentra sobre o problema da energia e como as construções podem reduzir essa demanda, tornando-se um aspecto importante do desenvolvimento da economia de baixo carbono (Wang Xiao,2013).

A incidência de radiação solar sobre as edificações tem consequência direta sobre os microclimas urbanos e a demanda de energia em edificações, relaciona-se ao albedo das superfícies construídas, posicionamento geográfico das edificações e aos índices de vegetação no ambiente.

A radiação solar, também chamada de radiação de onda curta, é uma energia eletromagnética que atinge a Terra, após ser parcialmente absorvida pela atmosfera. Compreende uma faixa de comprimentos de onda que variam entre 290 e 2500 nm, aproximadamente. Este intervalo representa cerca de 95% da radiação solar que atinge as superfícies terrestres, em função da atenuação da radiação pela Atmosfera (Duffie; Beckman, 1991).

O termo albedo é a designação frequentemente aplicada à refletância total de um dado sistema, considerando-se o quociente entre o fluxo refletido e o fluxo incidente, ambos integrados sobre todo o espectro solar. Pode ser aplicado a um planeta como um todo, admitindo a denominação albedo esférico (www.cptec.inpe.br/satélite/metsat/pesquisa/gloss/gloss-ae.htm) ou a uma cidade como albedo urbano.

Entende-se como albedo a refletância especular e difusa integrada no intervalo com comprimento de onda entre 290 e 2500nm (radiação de onda curta), que engloba aproximadamente 96% da Radiação Solar que atinge a superfície terrestre. O espectro da radiação solar, também chamado de radiação de onda curta, está dividido em três regiões distintas a região Ultravioleta (UV), que representa aproximadamente 6% do espectro solar, compreende o intervalo com comprimentos de onda entre 290 e 380nm, provoca efeitos físico-químicos nos seres vivos e materiais como danos na estrutura celular: câncer de pele, desbotamento ou descoloração, eritemas e queimaduras, e contribui para a síntese de vitamina D. A região do Visível, contida entre os comprimentos de onda entre 380 e 780nm, compreende aproximadamente 46% de todo espectro solar, e é aquela para a qual o olho humano é sensível, suas alterações de frequência compreendem as cores. Influi diretamente no grau de iluminação dos ambientes, pois está associada à intensidade da luz branca transmitida. O intervalo de comprimento de onda Visível varia de pessoa para pessoa dependendo da sensibilidade da retina de cada indivíduo. O Infravermelho (IV) próximo compreende o intervalo contido entre 780nm até aproximadamente 2500nm e corresponde a aproximadamente 43% do espectro solar .

Taha, Douglas e Haney (1997), num artigo sobre os impactos do aumento do albedo e vegetação na qualidade do ar, utilizaram-se de uma imagem do satélite NOAA e caracterizaram o albedo de uma área urbana. Através desta caracterização, simularam digitalmente alterações com o aumento no albedo das superfícies e das áreas verdes. Concluíram que os impactos são instáveis e variam de local para local, em função de características climáticas e construtivas específicas, porém

em ambos os casos o efeito é a diminuição nas concentrações de poluentes e diminuição de temperatura do ar. As alterações decorrentes da mudança do albedo e do reflorestamento são similares.

A diferença de temperatura entre o ar e superfícies com baixo albedo pode chegar a 50°C ou mais, enquanto que as que apresentam albedo elevado apresentam apenas uma diferença em torno de 10°C. Por este motivo as superfícies com albedo elevado são também chamadas de superfícies “frias” (Rosenfeld et al., 1995).

Os materiais com alto albedo e emissividade mantem uma baixa temperatura em suas superfícies frente à incidência de radiação solar, tem contribuição direta e indireta, na energia demandada para o conforto dos usuários. A contribuição direta caracteriza-se pela redução de emissão de calor para os ambientes internos através do envelope construtivo, o que proporciona conforto e requer menos energia para condicionamento de ar. A indireta pela minimização da demanda em geração de energia nas usinas e emissões de poluentes (Bretz; Akbari; Rosenfeld, 1998).

As chamadas coberturas “frias” apresentam de um modo geral cores claras em função de uma maior refletância na região do Visível e tendem a ter maior refletância no Infravermelho próximo, porém este resultado não é indicativo de albedo elevado, visto que seu desempenho de Albedo, está também relacionado à refletância dos materiais no intervalo do Infravermelho, que representa aproximadamente 43% da radiação solar que atinge a superfície terrestre . Resultados de medições de albedo de materiais utilizados em coberturas no Brasil, utilizando um espectrofotômetro com esfera integradora concluíram que a cerâmica vermelha, por exemplo, apresentou refletância em torno de 33% na região Visível e refletância de 78% na região Infravermelha, o que lhe conferiu uma refletância total de aproximadamente 67%, enquanto que as telhas de cimento colorido cinza claro e as de fibrocimento apresentam refletância em torno de 34% para a região do visível e 37% no Infravermelho, com uma refletância total em torno de 36%. Sendo assim as telhas cerâmicas tem maior potencial de resfriamento quando expostas as mesmas condições climáticas que os demais materiais (Ferreira, 2003).

A refletância ou albedo dos materiais tende a diminuir com a idade ou tempo de utilização dos mesmos. A refletância dos materiais claros tende a diminuir com o tempo de utilização dada pelo acúmulo de poluição já e a refletância dos materiais escuros, como o asfalto, aumentar em

função do desgaste do material. A Comissão de Energia da Califórnia , no *Code Proposals: "Inclusion of Cool Roofs in Nonresidential Title 24 Prescriptive Requirements"* (2002), estabelece que o cálculo do envelhecimento da refletância deve ser modelado considerando-se uma redução de 30% na diferença entre a refletância inicial e um valor adotado de 0.20 (ρ_o).

A vegetação também tem influencia no microclima urbano, pois utiliza-se da energia solar em seu processo metabólico e atua como filtro da radiação solar, tem grande potencial para resfriar as áreas urbanas pelo sombreamento e também pela evapotranspiração, os "oásis" criados pelas áreas verdes podem ficar entre 2-8°C mais frios que seus arredores (Taha, 1997). A evapotranspiração ocorre através da secreção ou "transpiração" de água pelos poros das folhas. A água retira o calor do ambiente através da evaporação, resfriando o ar durante este processo. Uma árvore com copa em torno de 30 pés pode evapotranspirar mais de 40 galões de água por dia, o que é como remover todo calor gerado por um pequeno aquecedor elétrico por quatro horas (<http://eetd.lbl.HeatIsland/EnergyUse/Evapotranspiration>).

As espécies arbóreas são capazes de alterar a sensação de conforto térmico no entorno imediato. Esse fenômeno é explicado pela característica termorreguladora das árvores, que mantém a temperatura e a umidade relativa do ar a seu redor em uma faixa ideal para seu sustento. Sendo assim, os indivíduos arbóreos influenciam principalmente na temperatura do ar e umidade relativa do ar ao longo do ano, numa escala microclimática (ABREU, LABAKY,2010) .

A mitigação dos efeitos das Ilhas de Calor nas cidades pode reduzir a energia com condicionamento de ar em aproximadamente 20% e melhorar a qualidade do ar e o conforto nas cidades (Akbari; Pomerantz; Taha, 2001).

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende porções da malha urbana do município de São José dos Campos, com uso predominantemente residencial. Neste trabalho foram selecionadas uma amostra referencial dentro de cada uma das 6 regiões geográficas do município de São José dos Campos, localizadas nas Macro-zonas Urbana e de Expansão Urbana, sendo elas, Centro, Norte, Sul, Leste, Oeste e Sudeste. De acordo com o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado do município, PPDI 2006 – Diagnóstico, as regiões geográficas contêm os setores socioeconômicos, que por sua vez abrangem os setores censitários, de forma a manter a integridade e a perfeita associação das informações obtidas através dos censos e das pesquisas sociais da Prefeitura, para a melhor definição das políticas públicas.

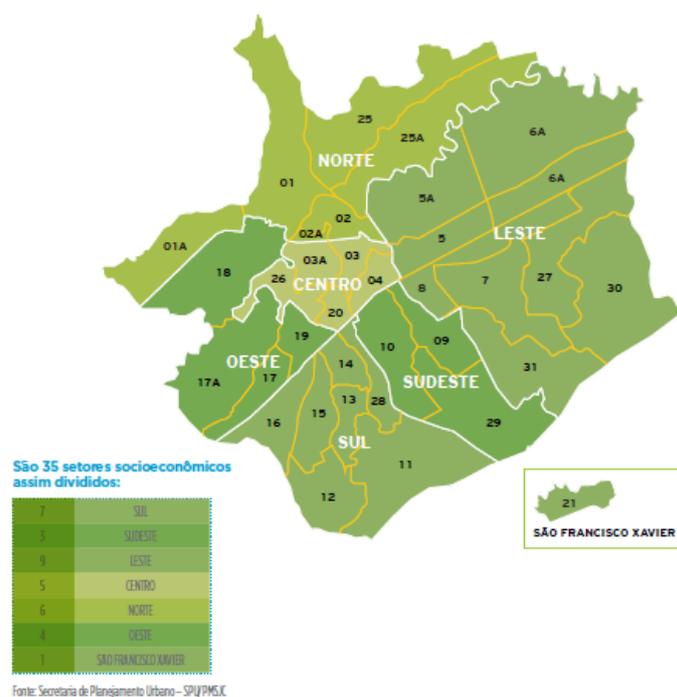


Fig.1 – Regiões Geográficas e Setores Sócio Econômicos do Município de São José dos Campos- SP.

Fonte: São José em dados (2012)

Materiais e Métodos

A metodologia foca na identificação do percentual de ocupação em metros quadrados para cada uma das classes de estudo dentro de cada amostra. As amostras consistem em um polígono quadrado com área de 40.000m² (200 x 200m), escolhido aleatoriamente dentro das seis regiões geográficas do município: Norte, Sul, Leste, Oeste, Centro e Sudeste.

A estratégia engloba o cálculo do albedo para cada amostra, com o objetivo de entender quais os fatores que influenciam o albedo de uma determinada área residencial e verificar se existem diferenças ou semelhanças nas tipologias construtivas das zonas de uso predominantemente residenciais consolidados em diferentes nos setores sócio econômicos da cidade.

Para a identificação e classificação dos materiais utilizou-se as imagens do satélite Quick Bird do ano de 2010, disponíveis no Banco de dados Cidade Viva de São José dos Campos. As imagens foram segmentadas e os materiais classificados por regiões com o classificador Battacharya, que mede a distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais. Os softwares utilizados para análise manipulação dos dados foram o SPRING e o QuantumGis.

A composição das superfícies foi analisada a partir das características visuais de seus materiais, cuja composição físico-química permite que sejam agrupados dentro das seguintes classes: cerâmica, cimento, asfalto, metal, água e vegetação. Os materiais que não se enquadram nessas classes foram identificados como outros materiais (pedras, plásticos, etc).

Para determinar os valores de albedo de cada amostra, utilizou-se a metodologia descrita o modelo Daisyworld, onde o albedo final de uma determinada superfície é obtido a partir do cálculo da média ponderada de todos os materiais encontrados na área de estudo.

Neste trabalho os valores referenciais de albedo utilizados para cada superfície foram coletados de base de dados distintas, agrupados em função das classes de materiais propostas neste estudo e submetidos aos índices de degradação ou envelhecimento, estão descritos na tabela abaixo:

Tabela 1 – Valores de albedo para classes de estudo

MATERIAL	ALBEDO (290 A 2500nm)
MATERIAL BASE CERÂMICA (TELHA CERÂMICA VERMELHA)	0,53*
MATERIAS DE BASE METÁLICA (AÇO GALVANIZADO, ALUMÍNIO)	0,57 *
MATERIAIS DE BASE CIMENTÍCIA (TELHA CIMENTO, TELHA DE FIBROCIMENTO, CALÇAMENTOS)	0,30*
MATERIAIS DE BASE ASFÁLTICA (SISTEMA VIÁRIO)	0,2 **
OUTROS MATERIAIS	0,30 **
VEGETAÇÃO	0,30 **

* Fonte: Ferreira, F., L., S. (2003)

** Fonte: <http://eetd.lbl.gov/HeatIsland>.

Resultados

O quadro abaixo apresenta os resultados obtidos para cada amostra, porém é importante ressaltar que não representam padrões de consumo de uma determinada população, apenas consistem em identificar padrões construtivos em áreas predominantemente residenciais localizadas em diferentes regiões geográficas e setores sócio econômicos em S. J. Campos - SP.

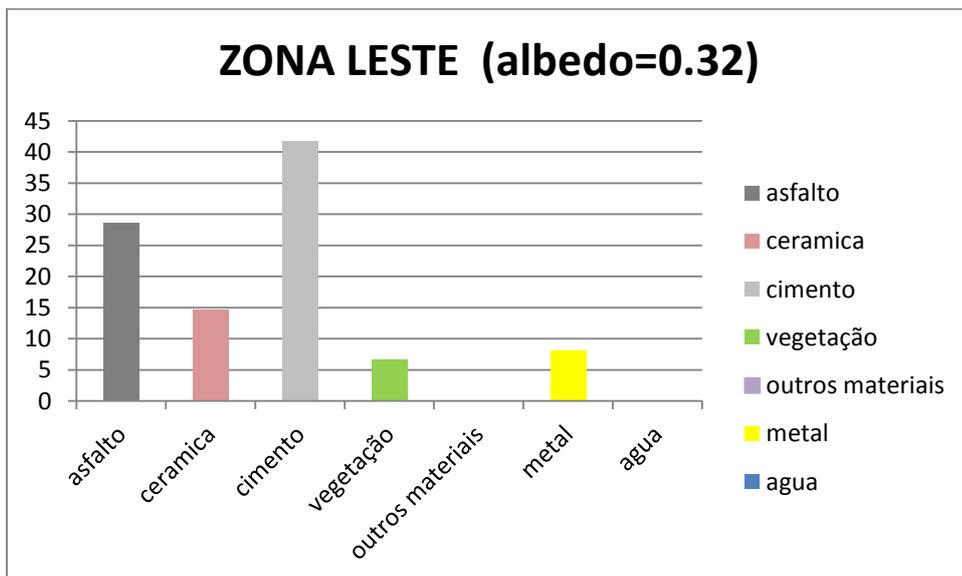
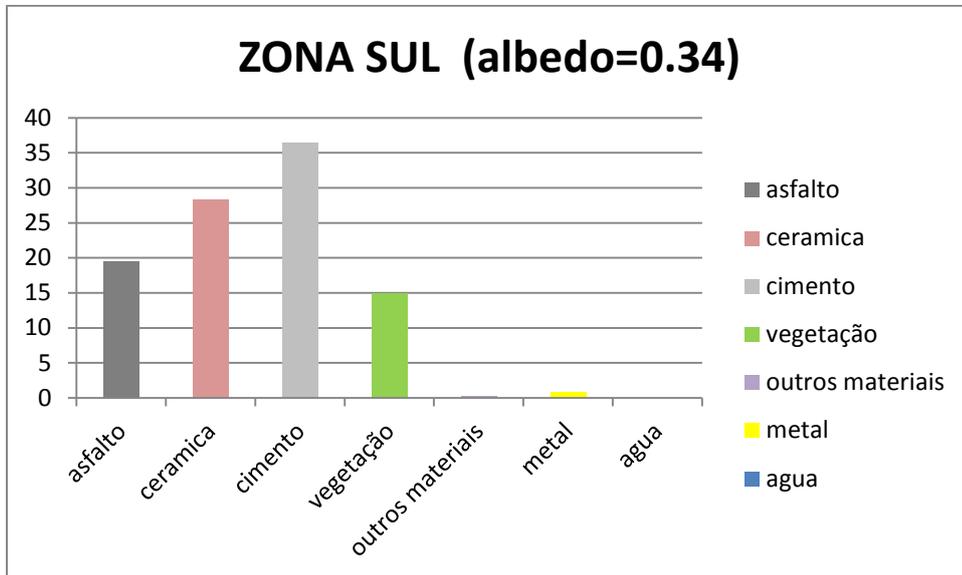
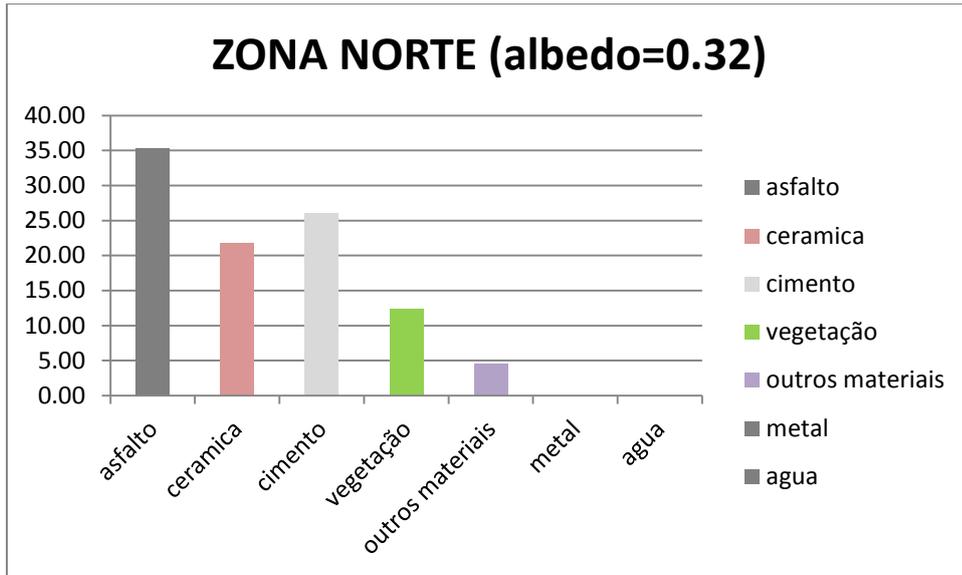
Tabela 2 – Caracterização de Níveis de Renda da População residente, albedo e vegetação (parte 1)

REGIÃO GEOGRÁFICA E PERCENTUAL DE POPULAÇÃO RESIDENTE	IMAGEM REFERENCIAL PARA CLASSIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS QUICK BIRD 2010	LOCALIZAÇÃO DA AMOSTRA	SETOR SÓCIO ECONÔMICO	NÍVEIS DE RENDA DA POPULAÇÃO	ALBEDO	VEGETAÇÃO
ZONA NORTE (10%)		JD.BOA VISTA	SETOR 1- Alto da Ponte	faixas de consumo C e D	0.3251	12.41%
ZONA SUL (40%)		CONJ.TRINTA E UM DE MARÇO	SETOR 16- Campo dos Alemães	faixas de consumo C e D com presença de E	0.3477	14.86%
ZONA LESTE (25%)		CAMPOS DE SÃO JOSÉ	SETOR 31 - Pararangaba e Campos de São José	faixa de consumo C e D	0.3272	6.59%

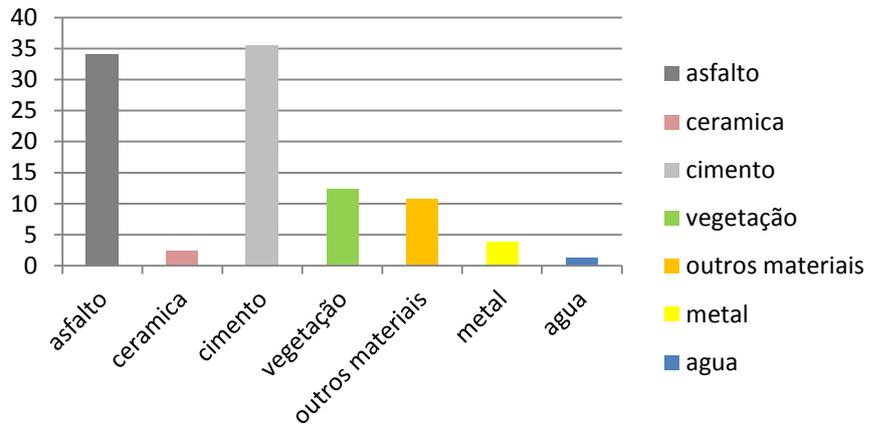
Tabela 2 – Caracterização de Níveis de Renda da População residente, albedo e vegetação (Parte 2).

REGIÃO GEOGRÁFICA E PERCENTUAL DE POPULAÇÃO RESIDENTE	IMAGEM REFERENCIAL PARA CLASSIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS QUICK BIRD 2010	LOCALIZAÇÃO DA AMOSTRA	SETOR SÓCIO ECONÔMICO	NÍVEIS DE RENDA DA POPULAÇÃO DO SETOR	ALBEDO	VEGETAÇÃO
ZONA OESTE (6,6%)		CONDOMÍNIO SUNSET	SETOR 19 – Aquarius	faixa de consumo A	0.2805	12.29%
ZONA CENTRAL (12%)		CONDOMÍNIO ESPLANADA DO SOL	SETOR26 - Vila Adyana - Esplanada	faixa de consumo B e A	0.5534	22.06%
ZONA SUDESTE (7%)		JARDIM DA GRANJA	SETOR 9 - Jd. Da Granja	faixa de consumo C	0.3562	8.88%

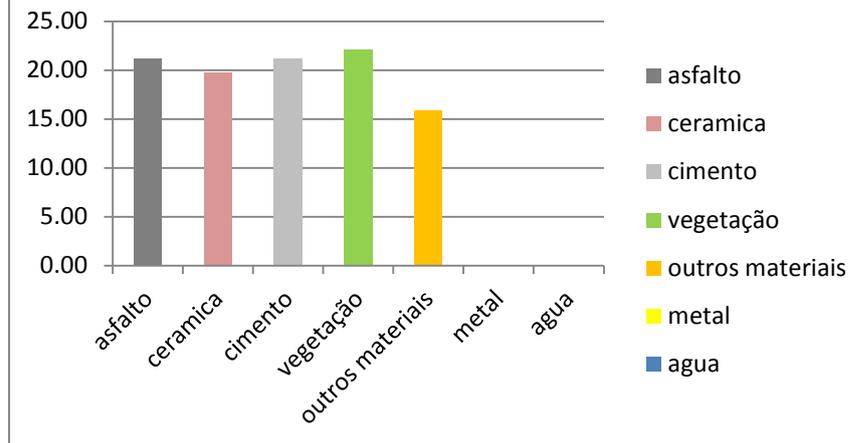
Os gráficos abaixo apresentam o percentual de recobrimento das superfícies de cada amostra e seu albedo.



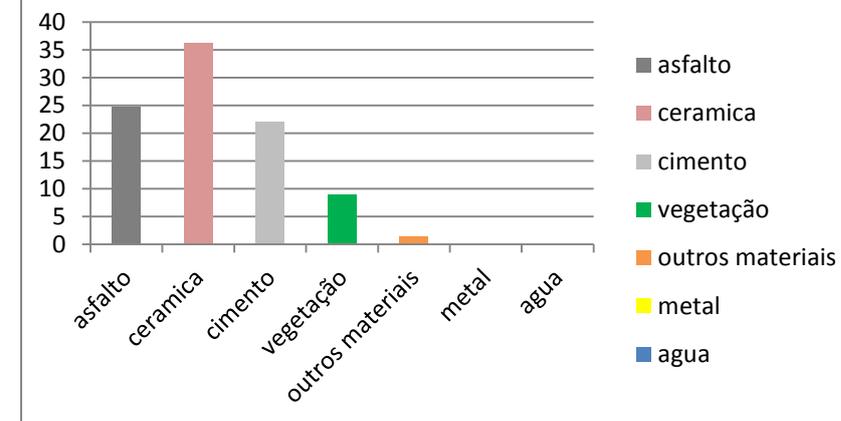
ZONA OESTE (albedo=0.28)



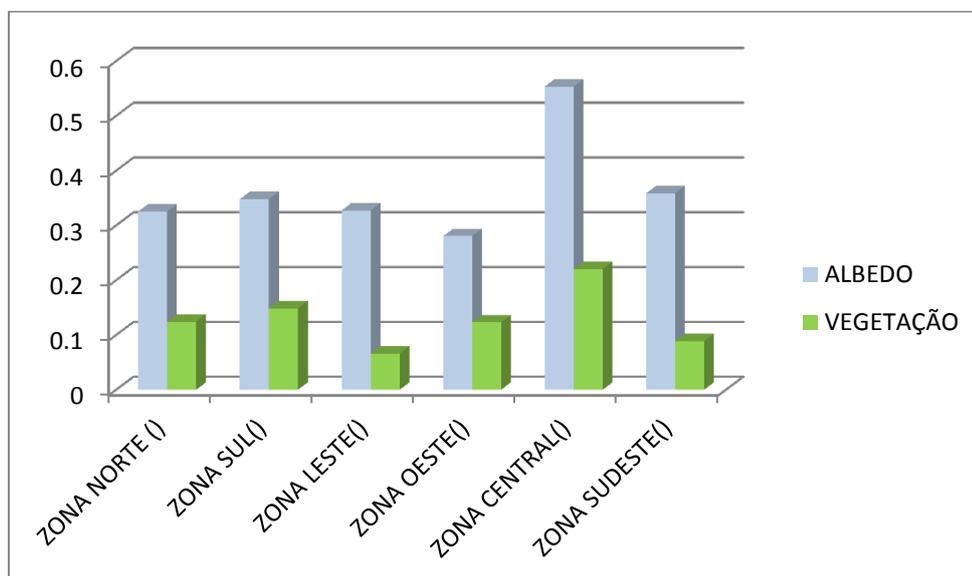
ZONA CENTRAL (albedo=0.55)



ZONA SUDESTE (albedo=0.35)



O último gráfico apresenta o resumo dos resultados obtidos para o albedo e vegetação das amostras em cada região de estudo, visto que ambos os parâmetros tem relação direta com o fenômeno de aquecimento das áreas urbanas.



Conclusões

Na cidade de São José dos Campos, em áreas predominantemente residenciais, verifica-se que os materiais comumente utilizados nas coberturas são: telhas cerâmicas, fibrocimento, e cimento colorido cinza, já os pavimentos resumem-se a coberturas asfálticas nas vias e pisos cimentícios e pedras.

Nos loteamentos cujos níveis de renda da população se enquadram em C, D e E, observa-se a utilização de telhas cerâmicas, fibrocimento, e a utilização de lajes expostas, com pouca vegetação. Já nos setores mais abastados, cuja população enquadra-se nos níveis de renda A e B, observa-se o uso das telhas de cimento em substituição as tradicionais cerâmicas, a vegetação se mostra mais evidente nos loteamentos mais antigos e com lotes maiores.

O uso de materiais cimentícios e asfálticos numa escala maior resulta no menor albedo da como é o caso da zona oeste, cujo percentual de asfalto e cimento somam em torno de 70% da área total da amostra. Já os materiais cerâmicos contribuem para a ampliação do albedo nas

demais áreas de estudo uma vez que a alta refletância do material, em torno de 53%, compensa a área ocupada pelos materiais cimentícios e asfálticos.

Verifica-se que quando o foco principal deixa de ser a questão financeira, o ambiente construído compõe-se de materiais diversificados e sua escolha relaciona-se a fatores culturais que englobam tendências e modismos. Este fato não resulta necessariamente na melhora do desempenho térmico e energético das superfícies.

A utilização de técnicas construtivas passivas para construção e recuperação de edificações que contemplem a utilização de materiais com maior albedo e a ampliação das áreas verdes é uma alternativa viável, não necessariamente com alto custo de implantação, que pode contribuir para a contenção dos efeitos nocivos das Ilhas de Calor, tratam-se de técnicas que podem ser utilizadas e compor uma política de desenvolvimento urbana integrada e resiliente aos novos desafios impostos pelas mudanças climáticas globais, contribuindo também para o conforto humano e a preservação ambiental.

Referências

ABREU, L. V.; LABAKI, Lucila Chebel. Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. **Ambient. constr. (Online)**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 103-117, Dec. 2010. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212010000400008&lng=en&nrm=iso>. access on 27 Sept. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212010000400008>

AKBARI, H.; POMERANTZ, M.; TAHA, H. Coll surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban áreas. **Solar Energy**, v. 70, n. 3, pp 295-310, 2001.

BRETZ, S.; AKBARI, H; ROSENFELD, A. Pratical issues for using solar-refletive materials to mitigate urban heat islands. **Atmospheric Enviroment**, v. 32, n. 1, pp.95-101, 1998.

CALIFÓRNIA ENERGY COMISSION. CALIFÓRNIA. Ago. 2002. **Inclusion of Cool Roofs in Non Residential Title 24 Prescriptive Requirements**. Pacific Gas & Electricity. Disponível em: <http://www.energy.ca.gov/2005_standards/documents/index.html>. Acesso: 20 de out. 2002

CHEREMISINOFF, P. N.; REGINO, T. C. **Principles & Applications of Solar Energy**. Michigan: Ann Arbor Science Publishers, 1979. 249p.

DUFFIE, J. A.; BECKMAN, W. A. **Solar Engineering of Thermal Processes**. United States: John Wiley & Sons, 1991. 919p.

ESCOLHER & CONSTRUIR. **Características de vários tipos de telha**. Disponível em: <<http://www.escolher-e-construir.eng.br/Materiais/Telhas/Framset.htm>> Acesso em: 11 de abr. 2002.

FERREIRA, F, L, S. **Medição do albedo e análise de sua influencia na temperatura superficial de materiais utilizados em coberturas de edifícios**. 2003. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.

HOLLBERG, A.; JURGEN, R. Parametric performance evaluation and optimization based on life-cycle demands. In: Energy Forum, 2013, Bressanone, Italy. **Anais Bressanone: 2013**. p.99-104.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. São José dos Campos. **Glossário de termos técnicos**. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/satelite/metsat/pesquisa/gloss/gloss-ae.htm>> Acesso em 12 Set. 2002.

LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY. California. **Projeto Ilhas de Calor**. Disponível em: <<http://eetd.lbl.gov/HeatIsland>>. Acesso em: 12 de set. 2002

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS. São José dos Campos. **Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado do município de São José dos Campos, PPD 2006 – Diagnóstico**.

Disponível em: http://www.sjc.sp.gov.br/media/24560/2006_pd_diagnostico.pdf. Acesso em 05 de Outubro de 2015.

ROGERS, D. S. et. al. A vision for human well-being.: transition to social sustainability. **Environmental Sustainability**, v. 4, p 61:73, 2012.

ROSENFELD, A. H. et al. Mitigation of urban heat islands: materials, utility programs, updates. **Energy and Buildings**, v. 22, p. 255-265, 1995.

SERKER, D. Z.; TAVIL, A. U. Evaluation of exterior building surface roughness degrees by photogrammetric methods. **Building and Environment**, 31, 393-398, 1996.

SZOKOLAY, S. V. Bioclimatic Design: Strategy to Details. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3. Gramado, 1995. **Anais**. Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1995.

TAHA, H. Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. **Energy and Buildings**, v.25, n.2, p.99-103, 1997.

YANG, J. et al. 2005. Smart and Sustainable Built Enviroments. **Blackwell**, Oxford, UK.

WANG, X. Improvement of Global Climate. In: Energy Forum, Bressanone. Italy. 2013. **Anais**. Bressanone: 2013. p.75-79.