



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

ESTUDO COMPARATIVO DA REFLETÂNCIA À RADIAÇÃO SOLAR PARA DUAS SUPERFÍCIES DISTINTAS: ASFALTO E GRAMA ESMERALDA (*ZOYSIA JAPONICA*).

**Emmanuelle M. Vasconcelos Matos (1); Raimundo Nonato Calazans Duarte (2) e
Virgínia M. Dantas Araújo (3)**

(1) Mestranda do Programa de Pós- Graduação em Arquitetura e Urbanismo – Departamento de
Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Federal do Rio Grande do Norte, Brasil – e-mail:
emanuelematos@hotmail.com

(2) Programa de Pós- graduação em Arquitetura e Urbanismo – Departamento de Arquitetura e
Urbanismo – Universidade de Federal do Rio Grande do Norte, Brasil – e-mail:
rnduarte@dem.ufcg.edu.br

(3) Programa de Pós- graduação em Arquitetura e Urbanismo – Departamento de Arquitetura e
Urbanismo – Universidade de Federal do Rio Grande do Norte, Brasil – e-mail: virginia@ufrnet.br

RESUMO

As cidades são sistemas abertos a fluxos de energia e às contínuas mudanças, fazendo com que seus problemas ambientais sejam uma prioridade para diferentes áreas do conhecimento. Neste sentido, o presente estudo tem como objetivo verificar a proporção entre o fluxo de irradiação solar incidente em superfícies distintas, encontradas no meio urbano, no caso, o asfalto e grama esmeralda, e o fluxo de irradiação que é refletido. Foram utilizados dados radiométricos da estação agrometeorológica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE/ Laboratório de Variáveis Ambientais e Tropicais – LAVAT, para quantificação da irradiação global, e um piranômetro invertido, para identificar irradiação proveniente das referidas superfícies. Ao realizar o balanço energético utilizando as variáveis envolvidas no fenômeno: irradiação global; irradiação superficial da grama e do asfalto, percebeu-se grande amplitude entre as duas superfícies, sendo os máximos valores de irradiação emitidos pelo asfalto e pela grama, 140W/m^2 e 2W/m^2 , respectivamente. Uma diferença de 138W/m^2 , que ao ser incorporada às demais variáveis climáticas pode influenciar no aumento das sensações de desconforto térmico dos usuários dos espaços urbanos. Conclui-se de fundamental importância a realização de estudos ambientais envolvendo a interação da irradiação solar com os componentes da superfície da terra: solos, rochas, vegetação, rios, entre outros, pois a partir do conhecimento das características físicas de uma dada região, e do seu comportamento espectral é possível fazer um monitoramento das condições ambientais e prevenir possíveis modificações que possam vir a acontecer.

Palavras-chave: clima urbano, irradiação solar, balanço energético.

1 INTRODUÇÃO

Um conceito essencial na área de mudanças climáticas é o de que o ser humano está alterando o balanço de radiação terrestre, conseqüência do crescimento da emissão dos gases de efeito estufa, uso de variada gama de materiais, remoção de vegetação entre outros que efetivamente provocam mudanças não somente no meio urbano, mas em todo o planeta e em variadas escalas de maior ou menor influência sobre o homem.

As cidades são sistemas complexos, abertos a fluxos de energia e massa e caracterizados por um contínuo processo de mudança (DOUGLAS, 1983; LAWRENCE, 2003). A importância crescente das áreas urbanas, em termos demográficos, sócio-econômicos e culturais (BREHENY, 1992), faz com que os seus problemas ambientais sejam, cada vez mais, uma prioridade dos poderes públicos (BREHENY, op cit) e um tema central de investigação em diferentes áreas científicas (PARTIDÁRIO, 2001; KAMP et al., 2003; PACCIONE, 2003; STEEMERS, 2003).

Neste contexto, para o entendimento dos fenômenos climáticos urbanos é necessário o conhecimento das suas escalas, espacial e temporal, considerando-se necessário definir conceitos e terminologias. Salienta-se a importância da contribuição da climatologia urbana para a qualidade de vida e para a sustentabilidade urbana.

Visando contribuir com esta linha de pesquisa, o presente estudo, envolvendo medições de variáveis ambientais, tem o intuito de aprofundar os conhecimentos sobre clima, fatores climáticos locais e globais, instrumentação, execução de análises e medições *in loco*, além de responder aos questionamentos levantados, quanto às propriedades térmicas dos materiais empregados atualmente nas superfícies das cidades, dentre outros.

2 OBJETIVO

Comparar o fluxo de irradiação solar incidente em superfícies distintas encontradas no meio urbano, no caso, o asfalto e a grama esmeralda e, o fluxo de irradiação que é refletido (refletância).

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo foi trabalhada nas quatro etapas principais a seguir:

1. escolha do local de estudo;
2. definição e caracterização da instrumentação legal e técnica utilizada e, os procedimentos necessários à caracterização das condições ambientais urbanas;
3. monitoramento dos índices de radiação solar nos locais escolhidos para o estudo;
4. interpolação dos dados registrados com posterior comparação com padrões de referência isolados disponíveis.

3.1 Escolha do local de estudo

Avalia-se que os fluxos de radiação que a superfície da Terra recebe ou emite, atuam decisivamente no balanço térmico do Globo Terrestre. Quando, a partir de método científico obtêm-se séries regulares e bem distribuídas de registros das componentes de radiação solar e terrestre, substanciam-se as condições necessárias para a utilização de tais medidas em projetos que satisfazem muitas necessidades humanas. Tais projetos podem contemplar, dentre outras, atividades em: biologia, medicina, arquitetura, meteorologia, indústria.

A escolha das instalações do INPE/ CRN como local para a realização deste estudo se deu em virtude da disponibilidade dos equipamentos necessários às medições e por apresentar tipologias de cobertura do solo significativas para o estudo. Evidente que fatores como a proximidade com técnicos que já desenvolvem estudos na área e a segurança física do local contribuíram para a escolha (Figura 1).



Figura 1. Vista aérea do local analisado (50m de altitude). Em vermelho e verde ás áreas analisadas, asfalto e grama, respectivamente.
Fonte: Google Earth, 2008.

Além das características apresentadas acima, para a escolha do local considerou-se as recomendações dos próprios fabricantes dos equipamentos utilizados nas medições *in loco* como: a representatividade para a microrregião e a localização preferencialmente em campo aberto (longe de obstáculos naturais, quebra-ventos, antenas, redes elétricas, lagos e açudes).

De acordo com bibliografia relacionada, bem como as instruções dos fabricantes, devem-se evitar locais onde ocorrem ventos canalizados, pois estes interferem na direção predominante dos ventos, a exemplo de fundos de vales ou entre quebra-ventos. Assim, locais com horizontes amplos, onde não existam barreiras que impeçam a incidência de radiação solar ou modifiquem as características dos ventos são os mais recomendáveis. Da mesma forma, local próximo a árvores, cursos d' água, lagos ou lagoas devem ser evitados.

O presente estudo foi desenvolvido utilizando-se dados radiométricos da estação agrometeorológica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Centro Regional de Natal - INPE/CRN, Laboratório de Variáveis Ambientais e Tropicais - LAVAT, localizada a uma latitude de 5°47'42"S e longitude de 35°12'24"O, com altitude de aproximadamente 31 metros acima do nível do mar.

Durante este período foram conduzidas as verificações de índices de radiação solar com o objetivo de avaliar a influência da radiação direta e difusa encontrados para os locais analisados.

Foram selecionados dois locais com diferentes tipos de superfície: o asfalto (concreto betuminoso) e a grama do tipo esmeralda (*zoysia japonica*), com o objetivo de avaliar a refletância a radiação solar dessas superfícies.

3.1.1. Caracterização do asfalto

O asfalto é um betume espesso, de material aglutinante escuro e reluzente, de estrutura sólida, constituído de misturas complexas de hidrocarbonetos não voláteis de elevada massa molecular, além de substâncias minerais, resíduo da destilação a vácuo do petróleo bruto. Não é um material volátil, é solúvel em bissulfeto de carbono, amolece a temperaturas entre 150°C e 200°C, com propriedades isolantes e adesivas. Também denomina a superfície revestida por este betume. É muito usado na pavimentação de ruas, estradas e aeroportos (Faxina, 2002).

Os asfaltos podem ser encontrados em estado sólido, pastoso e líquido quando diluídos e aquecidos. Há duas classificações básicas para os asfaltos: (a) de pavimentação e (b) industrial. O asfalto em estado pastoso ou líquido, usado em pavimentação, é obtido com a diluição em querosene e nafta, e tem de ser aquecido em tanques, antes de sua aplicação.

O asfalto de uso industrial, mais voltado para impermeabilização e revestimento de dutos, é conhecido como asfalto oxidado, ou seja, com injeção de ar na massa asfáltica, durante sua fabricação, e é acrescido de pó de asfalto no revestimento externo, e é muito resistente à corrosão e à água.

3.1.2. Caracterização da grama esmeralda

A grama esmeralda (*zoysia japonica*) é a mais utilizada e difundida atualmente em todo o território brasileiro. Trata-se de uma planta herbácea de 10 à 20 cm de altura, natural do Japão, suas folhas são em forma de lança, pequenas e estreitas muito densas e pilosas. Em função da sua grande densidade, forma um tapete verde muito uniforme e ornamental.

Devido a sua presença comum em gramados residenciais e áreas verdes no meio urbano, resistente ao pisoteio e por não exigir podas muito frequentes, esta grama foi escolhida como tipologia representativa para ser comparada com o asfalto.

3.2 Definição e caracterização da instrumentação

Nas duas últimas décadas, os avanços tecnológicos, em praticamente todas as ciências do conhecimento, a destacar a área de eletrônica e automação, apresentaram substancial desenvolvimento, permitindo o monitoramento das mais diversas variáveis em tempo real e com níveis de precisão, até então, não experimentados. Os sensores eletrônicos passaram a apresentar maiores resoluções/precisões e menores tamanhos.

Particularmente, em estudos climatológicos, os sensores eletrônicos permitem a obtenção de variáveis do tempo, praticamente em tempo real, permitindo a tomada de decisões com relação ao manejo de irrigação, à aplicação de defensivos, ao risco de incêndios, à previsão de geadas, à ocorrência de pragas e de doenças, à classificação climática, ao zoneamento agrícola, entre outras aplicações.

Tendo em vista os objetivos do presente trabalho, que é analisar os dados de radiação solar global e difusa foi necessário a realização de estudos acerca dos instrumentos que medem tais radiações, contemplando-se, também, algumas menções aos sensores utilizados, a fim de possibilitar a avaliação da relação custo/qualidade dos dados. Tais instrumentos são classificados como Piranômetros.

Os instrumentos meteorológicos de medida de radiação solar são classificados de acordo com os critérios empregados: o tipo de variável que se pretende medir, o campo de visão, a resposta espectral e a aplicação principal a que se destina. O Quadro 1 apresenta uma classificação dos Piranômetros.

Quadro 1. Classes dos Piranômetros com as principais características.

Características	Padrão secundário	Primeira classe	Segunda classe
Resolução (variação mínima detectável em Wm-2)	±1	±5	±10
Estabilidade (tanto por cento de totalidade de escala, variação/ano)	±1	±2	±5
Resposta co-senoidal (tantos por cento de desvio em relação ao ideal para uma altura solar de 10° em um dia desanuviado)	< ±3	< ±7	< ±15
Resposta azimutal (tanto por cento de desvio da medida para uma altura solar de 10° em um dia desanuviado)	< ±3	< ±5	< ±10
Resposta de temperatura (tanto por cento de erro máximo devido a variação da temperatura ambiente dentro do intervalo de operação)	±1	±2	±5
Não linearidade (tanto por cento de totalidade de escala)	±0,5	±2	±5
Sensibilidade espectral (tanto por cento de desvio da absortância média 0,3 a 3 µm)	±2	±5	±10
Tempo de resposta (resposta de 99%)	< 25s	< 1min.	< 4 min.

Fonte: Guia da OMM, nº 8, 1990.

Para este estudo inicial utilizaram-se duas estações meteorológicas móveis da Marca DAVIS. Que dentre outros sensores possui os piranômetros (primeira classe), utilizados para a aquisição dos dados de irradiação solar global.

Esses aparelhos, devido às suas características construtivas, são instrumentos de alto valor aquisitivo, sendo normalmente utilizados apenas em centros de pesquisas, que muitas vezes possuem apenas um aparelho.

Por se utilizar apenas uma estação, a irradiação emitida das superfícies foi estimada invertendo-se o piranômetro durante o período das medições. Partindo da associação das variáveis registradas pelas estações móveis utilizadas, apresentadas no quadro 2, é possível gerar inúmeras relações de análise, no entanto, para este estudo inicial considerou-se os dados de radiação solar direta, sensação térmica (relação existente entre temperatura e umidade do ar e intensidade do vento), e máxima radiação (destacados em vermelho).

Quadro 2. Variáveis ambientais registras

DATA	HUMIDADE EXTERNA (de 0 a 100%)	MÁXIMA VELOCIDADE DO VENTO	CHUVA DIÁRIA (0 a 9999 mm)
TEMPO	PONTO DE ORVALHO (de - 76°C até +54°C)	FLUXO DO VENTO (16 pontos – Rosa dos Ventos)	TAXA DE CHUVA (0 a 9999 mm/h)
TEMPERATURA EXTERNA (de - 40° até +65°C)	VELOCIDADE DO VENTO (de 1 a 241 km/h)	SENSAÇÃO TÉRMICA RELACIONADA AO VENTO (- 59 a + 54°C)	RADIAÇÃO SOLAR (W/m²- de 0 a 1800 W/m²)
MÁXIMA TEMPERATURA (de - 40° até +65°C)	DIREÇÃO DO VENTO (16 pontos – Rosa dos ventos)	SENSAÇÃO TÉRMICA (função da temperatura, umidade , vento e sol)	ENERGIA SOLAR (de 0 a 1999,0 ly)
MÍNIMA TEMPERATURA (de - 40° até +65°C)	DESLOCAMENTO DAS MASSAS DE AR (de 0 a 1999,9 km de vento)	BARÔMETRO (880 a 1080mb)	MÁXIMA RADIAÇÃO SOLAR
RADIAÇÃO UV (0 a 7 MEDs/h)	DOSE DE IRRADIAÇÃO UV (de 0 a 999,9 MEDs)	MÁXIMA RADIAÇÃO UV (de 0 a 999,9 MEDs)	AQUECIMENTO GRAUS DIA (até 19,999 graus/dia)
RESFRIAMENTO GRAUS DIA (até 19,999 graus/dia)	TEMPERATURA INTERNA (0° a 60°C)	UMIDADE INTERNA (10 a 90%)	EVAPOTRANSPIRAÇÃO (dia até 999,9mm, mês até 999,9mm, ano até 1999,9mm)
MOLHAMENTO FOLEAR (de 0 a 15, 0=seco)	x	x	x

Fonte:Adaptado do manual da Estação

3.3 Monitoramento

Atendendo a especificações descritas acima, as medições foram realizadas no turno da manhã, no período de 08 a 18 de dezembro de 2008.

A análise dos dados de irradiância solar global (Qg) foi realizada com o uso de um piranômetro voltado para cima, e de irradiância refletida (Qr), com um piranômetro voltado para baixo.

Estes sensores utilizados são componentes das estações meteorológica já mencionadas, que foram instaladas nos locais de medição enquadrada na direção Norte - Sul, de forma que não foram percebidas sombras sobre os sensores responsáveis pela captação dos sinais meteorológicos (Figura 2).



Figura 2. Foto de uma das estações meteorológica móvel utilizada no experimento de campo.

Vale ressaltar que as medições foram realizadas sempre em uma superfície horizontal, tendo ocorrido o nivelamento das bases metálicas quando de suas instalações, e nivelamento de cada medidor individualmente.

Para a instalação das estações foram utilizados tripés em alumínio com uma altura de aproximadamente 1,20 metros, por ser esta a altura recomendada para a análise de parâmetros ambientais que podem vir a interferir nas condições naturais dos usuários.

As informações armazenadas pela estação foram transferidas para um computador onde via software específico que acompanha a própria estação, foi possível analisar e modelar os valores de radiação.

Vale ressaltar a tomada dos dados de irradiação global armazenados pela estação meteorológica do LAVAT como referência para este estudo comparativo.

Os dois locais selecionados apresentavam as seguintes características: (A) com exposição solar e com superfície asfáltica; (B) com exposição solar e com superfície relvada (grama esmeralda).

3.4 Interpolação dos dados registrados

É importante salientar que a maior parte da energia em nosso planeta vem do Sol, com uma incidência em torno de 342 watts/m² em média (que equivale a 82 calorias por segundo e por m²). Parte dessa energia, que incide principalmente por meio da faixa de comprimento de onda da luz visível, é refletida diretamente de volta ao espaço pelas nuvens e pelo chamado albedo da superfície terrestre.

A Figura 3 ilustra o balanço de radiação terrestre, com seus vários componentes. Como se pode observar, o total de radiação solar incidente (342 w/m²) é igual à soma de três elementos: da radiação solar refletida pelas nuvens, pelos aerossóis e pela atmosfera (77 W/m²) com a parte refletida diretamente pela superfície da Terra (30 w/m²) e mais o total (235 W/m²) que volta para o espaço em forma de calor (ondas longas do infravermelho). O problema é que o aumento da radiação emitida pela superfície aliada ao aumento da concentração de gases de efeito estufa está elevando a fração da radiação que volta ao sistema terrestre, intensificando o fluxo radiativo de calor – o que resulta no aumento da temperatura da superfície da Terra.

O balanço de radiação em uma determinada superfície é o resultado da soma de toda energia radiante recebida e perdida pela superfície indicada pela equação 1 descrita abaixo:

$$Q^* = SW\downarrow + SW\uparrow + LW\downarrow + LW\uparrow \quad (\text{equação 1})$$

Q^* é a radiação líquida; $SW\downarrow$ é radiação solar global; $SW\uparrow$ é a radiação solar refletida pela superfície; $LW\downarrow$ é a radiação de onda longa emitida pela atmosfera; $LW\uparrow$ é a radiação de onda longa emitida pela superfície. O balanço de radiação para uma determinada superfície corresponde à soma de toda energia radiante recebida e perdida, no entanto, depende de fatores químicos e físicos associados ao sistema superfície-atmosfera como: elementos de rugosidade, albedo de superfície, capacidade térmica, condutividade térmica, emissividade da superfície e da atmosfera e transmissividade atmosférica (Oke, 1984)

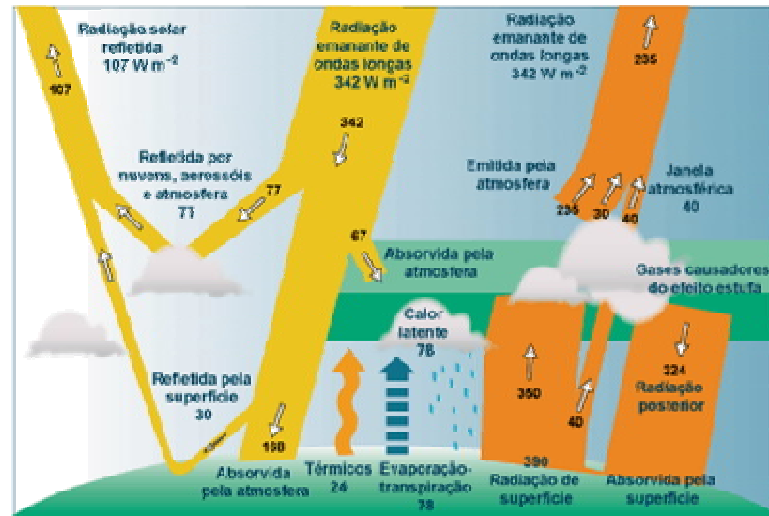


Figura 3. Equilíbrio radioativo terrestre

Fonte: www.mudancasclimaticas.andi.org.br/node/662

Alguns aspectos dos efeitos da urbanização no clima foram estudados por Adebayo (1990) que examinou como a poluição atmosférica, as introduções de novos materiais e as modificações nas características do vento alteram o balanço de radiação na superfície (radiação global, albedo de superfície e radiação líquida) de uma região urbana e rural da cidade de Ibadan, na Nigéria.

As investigações durante as estações secas e úmidas mostraram que em Ibadan, a radiação solar global e o albedo da superfície foram reduzidos em média entre 9-15% e 12-20% respectivamente, enquanto que a radiação líquida aumentou em torno de 8-20%. Assim, todos estes estudos confirmam que existe uma diferença significativa na radiação líquida entre uma região urbana e a rural. Em geral, a região urbana apresenta valores de radiação global na superfície sistematicamente menor, albedo de superfície menor e radiação líquida maior. Este efeito é mais pronunciado na estação seca.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Os gráficos das variáveis medidas pelas estações, e considerados para este estudo, podem ser apresentados em 3(três) períodos de visualização possíveis. Um período mensal, onde cada valor representa à média diária da variável medida. Outro período mensal, onde cada valor representa o máximo diário da variável em questão. No entanto, para este estudo inicial optou-se por analisar um dia representativo (10/12/2008) onde se utilizou um intervalo de 10 segundos para o registro dos dados.

Analisando os dados registrados percebe-se que a incidência da radiação solar sobre o solo do local estudado e no período do experimento, inicia-se por volta das 5h00, tendo seu máximo por volta das 12h00 e tornando-se imperceptível por volta da 17h40.

No Gráfico da Figura 4, encontram-se relacionadas a curva da radiação solar incidente, representada na cor laranja, a radiação que é emitida do asfalto, representada na cor cinza e na cor verde a radiação que é emitida da grama. Ressalta-se que a unidade utilizada é W/m^2 , que corresponde a potência

necessária para exercer uma energia de 1 Joule durante um segundo (W J/s) para uma área de 1 metro quadrado.

É interessante perceber que devido à grande sensibilidade do equipamento utilizado são identificadas reduções bruscas na quantidade de irradiação global solar. Tais oscilações se devem à passagem de nuvens que “refletem” a irradiação solar antes de chegar ao solo.

Comparando as três variáveis analisadas, irradiação global, irradiação refletida pela grama e a pelo asfalto é possível perceber grande diferença entre a quantidade que chega (Ir global) e o que é reemitido pelos dois tipos de cobertura do solo, isso quer dizer que os dois possuem boas propriedades de “absorção” e “transformação” desta radiação.

A irradiação global, no seu ponto máximo (11h00) atinge em torno de $1200 \text{ w/m}^2/\text{s}$. Para se ter uma idéia desta grandeza, seria a energia necessária para acender 20 lâmpadas de uso comum (60W).

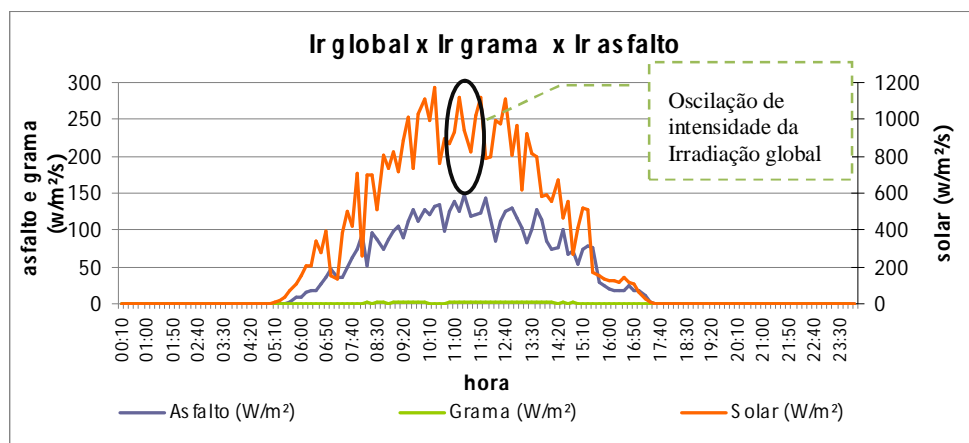


Figura 4 – Gráfico da relação entre as variáveis analisadas

Dando continuidade às análises, foi gerado um segundo gráfico onde são representados na cor azul, os valores registrados da irradiação emitidos pelo asfalto e na cor verde os valores de irradiação emitidos pela grama. Percebe-se por volta das 11h00, a maior quantidade de irradiação emitida pelo asfalto, aproximadamente 14 W/m^2 , enquanto que para o mesmo horário a irradiação emitida pela grama é de aproximadamente 2 W/m^2 , portanto uma diferença de 138 W/m^2 .

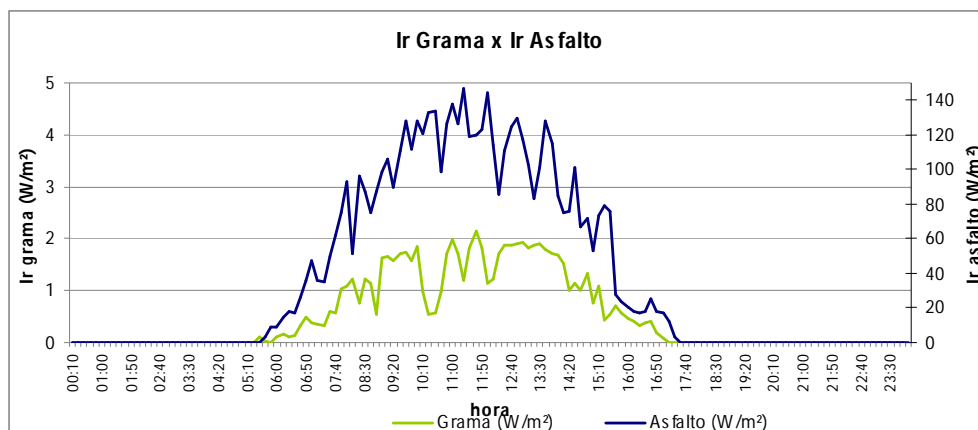


Figura 5 – Gráfico da relação entre a irradiação emitida pela grama e a irradiação emitida pelo asfalto

Embora bem inferior à quantidade de irradiação solar que incide sobre a superfície, a quantidade de irradiação emitida pelo asfalto é bastante alta, e capaz de provocar desconforto térmico ao usuário que se encontra nas proximidades, variando em função do tempo de permanência do mesmo.

A título de comparação, essa energia emitida, aproximadamente 140 W/s, seria a energia necessária para o funcionamento de aproximadamente 3(três) lâmpadas comuns, ou ainda, sabendo que 1 caloria é a quantidade de calor necessária a fornecer a 1 kg de água a 15°C para aumentar a temperatura de 1°C, e que 1watt gera 0,2388 calorias por segundo, pode-se dizer que, para este caso, os 143 watts irradiados do solo fornecem um acréscimo de aproximadamente 33,5 calorias que, nas condições acima descritas seriam responsáveis pela elevação da temperatura da água em aproximadamente 33,5°C.

Isso não significa que a temperatura do ar, nas condições acima irá se elevar em 33,5°C, pois existem outros fatores como a ventilação e a presença de vegetação que são responsáveis pela dissipação dessa energia. No entanto, essa comparação ajuda a dimensionar a importância dessa intensidade de energia nos processos de elevação da temperatura do ar no ambiente urbano.

Em se tratando da sensação térmica (relação existente entre temperatura do ar, umidade do ar e velocidade do vento) sobre o asfalto, o Gráfico da Figura 6, traz essa relação na curva de cor vermelha, percebe-se que em relação à temperatura do ar, existe nos horários de maior irradiação superficial do asfalto uma amplitude de aproximadamente 7°C, esta diferença pode ser atribuída à grande quantidade de irradiação que é emitida do asfalto.

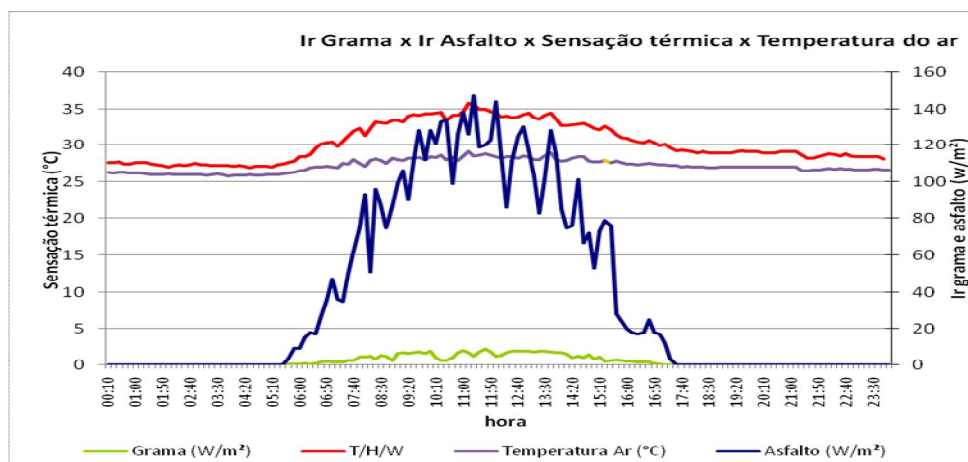


Figura 6 – Gráfico da relação entre as variáveis analisadas

Quanto a absorção de irradiação pelas superfícies, com base nos gráficos acima percebem-se que a grama em média absorve 70 watts a mais que o asfalto sendo este fato que pode ser associado à diversos fatores como, a forma, densidade, coloração, entre outros das superfícies.

5 CONCLUSÕES

É fundamental a realização de estudos ambientais com o objetivo de compreender melhor a interação da radiação solar com os objetos que compõem as superfícies terrestres: solos, rochas, vegetação, rios, entre outros. Pois a partir do conhecimento das características físicas dos objetos de uma dada região, e seu comportamento espectral é possível fazer um monitoramento das condições ambientais da área em questão e descobrir possíveis modificações que possam vir a acontecer.

Tal monitoramento aplica-se perfeitamente às técnicas de registros meteorológicos, que utilizam as informações armazenadas nos sensores para estudos ambientais.

Com base na análise dos resultados, pode-se destacar a diferença de materiais, como uma das variáveis responsáveis por variações na velocidade de condução e emissão do calor, podendo influenciar nas

condições de desconforto dos usuários dos espaços urbanos, bem como a grande quantidade de energia calorífica expulsa para a atmosfera da cidade decorrente da substituição do solo natural por diversos tipos de pavimentos.

Por fim, de acordo com os resultados apresentados no presente estudo indicam a possibilidade de utilização desta metodologia, para outras áreas urbanas de clima quente e úmido, observando a segurança dos equipamentos, diversidade de tipologias do solo onde possam ser utilizados, os registros realizados e um controle rigoroso das condições dos experimentos.

6 REFERÊNCIAS

BREHENY, M.J. **Sustainable development and urban form**. London, Pion Limited (European Research in Regional Science, No.2) (Ed.) 292pp .1992.

DOUGLAS, I. **The impact of urbanisation on fluvial geomorphology in the humid tropics**. IN: SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL GEOMORPHOLOGY IN TROPICAL REGIONS. Lumbumbashi. Geo- Eco- Trop, Fasc 1 2 , 1983.

FAXINA, A. L. **Estudo em Laboratório do Desempenho de Concreto Asfáltico Usinado a Quente Empregando Ligante Tipo Asfalto-Borracha**. Dissertação de Mestrado, 2002.

KAMP, I. V.; LEIDELMEIJER, K.; MARSMAN, G.; HOLLANDER, A. D. **Urban environmental quality and human well-being: Towards a conceptual framework and demarcation of concepts; a literature study**. Landscape and Urban Planning, 65: 5-18. 2003.

LAWRENCE, R. J. **Human ecology and its applications**. Landscape and Urban Planning, 65: 31-40. 2003.

MUDANÇAS CLIMÁTICAS. <http://www.mudancasclimaticas.andi.org.br/node/662>. acessado em agosto de 2009.

Oke, T. R. **Towards a prescription for the greater use of climatic principles in settlement planning**. Energy and Buildings, 1984.

PACCIONE, M. **Urban environmental quality and human wellbeing; a social geographical perspective**. Landscape and Urban Planning, 65(1-2): 19-30. 2003.

PARTIDÁRIO, M. R. **Indicadores de Qualidade do Ambiente Urbano**, DGOTDU, Lisboa. 2001.

STEEMERS, K. **Cities, energy and comfort: a PLEA review**. Energy and Buildings, 35: 1-2. 2003.

THORSSON, S., LINDGVIST, M. e LINDGVIST, S. **Thermal bioclimatic conditions and patterns of behaviour in an urban park in Goteborg, Sweden**. Int J Biometeorol, 48:149–156. 2004.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pela Bolsa de Mestrado, ao LAVAT/INPE-CRN e ao Laboratório de Conforto Ambiental – LabCon, do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, da UFRN, pela disponibilidade dos equipamentos utilizados no experimento.