



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**As Funções dos Telhados Verdes no Meio Urbano, na
Gestão e no Planejamento de Recursos Hídricos.**

Aluno: Sidney Rocha de Araújo

Orientadora: Luciene Pimentel da Silva

Seropédica-RJ
Agosto/2007



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**As Funções dos Telhados Verdes no Meio Urbano, na
Gestão e no Planejamento de Recursos Hídricos.**

Aluno: Sidney Rocha de Araújo

Orientadora: Luciene Pimentel da Silva

Monografia apresentada ao Instituto de Florestas
da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
como parte dos requisitos para obtenção do título
de Engenheiro Florestal.

Seropédica-RJ
Agosto/2007

Seropédica, 24 de Agosto de 2007.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Luciene Pimentel da Silva, Ph.D.
DESMA/FEN/UERJ
(Orientadora)

Prof. Ricardo Valcarcel, D.Sc.
IF/DCA/UFRRJ
(Membro Titular)

Prof. Wellington Mary, D.Sc.
IT/DAU/UFRRJ
(Membro Titular)

As Funções dos Telhados Verdes no Meio Urbano, na Gestão e no Planejamento de Recursos Hídricos.

Aluno: Sidney Rocha de Araújo

Orientador: Professora Luciene Pimentel da Silva, Ph.D.

Resumo

Esta monografia apresenta uma revisão bibliográfica sobre a função dos telhados verdes no planejamento e na gestão de recursos hídricos de bacias hidrográficas urbanas. São descritas as questões relacionadas à evapotranspiração e ao escoamento superficial visando estabelecer uma relação entre os telhados verdes e o controle de enchentes e drenagens de bacias hidrográficas urbanas. A revisão também abrange de forma integrada, questões relacionadas ao planejamento urbano; conforto ambiental e otimização do consumo de energia; fatores estéticos, paisagismo e bem estar psicológico e; da qualidade de vida em cidades. Ainda, como função do telhado verde, destaca-se o aumento de áreas vegetadas nas cidades, contribuindo nas questões relacionadas ao problema do aquecimento global. Identifica-se ainda, o potencial dos telhados inserido nas funções da agricultura urbana, inclusive agregando valor nutricional e geração de renda para populações de baixa renda. São apresentados exemplos incluindo material ilustrativo e detalhes construtivos da inclusão dessa alternativa às moradias. Este estudo está inserido no contexto do Projeto HidroCidades – Cidades, Qualidade de Vida e Recursos Hídricos: Gestão Integrada dos Recursos Hídricos e Planejamento Urbano da Região da baixada de Jacarepaguá, que tem auxílio financeiro do CNPq através dos fundos setoriais de Recursos Hídricos e Agronegócios, tendo como Instituição Executora a Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Green Roofs Functions on Urban Environment, in Water Resources Planning and Management.

Candidate: Sidney Rocha de Araújo

Supervisor: Professora Luciene Pimentel da Silva, Ph.D.

Abstract

This monograph presents a literature review about green roofs functions on water resources planning and management in urban catchments. It is described and discussed issues related to evapotranspiration and overland flow in order to establish a relation between green roofs and urban flood and drainage control. This review also includes associated issues such as urban planning, environmental comfort, energy consumption optimization, aesthetic, landscape, well being and quality of life in cities. Still, as a function of green roofs, it is highlighted the increasing of vegetated areas in cities, contributing to issues related to global warming. It is also identified the potential of green roofs as means of urban agriculture, contributing eventually to income raising for low-income communities. A number of illustrations and constructive details of the green roofs are presented. This study is associated to the Project HidroCidades – Cities, Quality of Life and Water Resources: Integrated Water Resources Management and Urban Planning for Jacarepaguá Low-Land Region granted by CNPq by means of the Water Resources and Agribusiness Funds, and having as executive Institution, the University of State of Rio de Janeiro.

Agradecimentos

Agradeço a Deus, pela força, determinação e fé.

Em especial a minha mãe, que sempre acreditou nos meus projetos e tanto me incentivou e me ajudou, possibilitando a caminhada.

A Márcia e Gabriela, pelo amor, carinho e confiança.

A Profa. Dra. Luciene Pimentel da Silva, do Departamento de Eng. Sanitária e Meio Ambiente, da Faculdade de Engenharia da UERJ, pela orientação, estímulo, crédito e paciência, tão importante para realização do trabalho.

Ao Instituto de Florestas e seus professores pelos ensinamentos e colaborações.

Aos amigos do alojamento da Rural, a grande família que se ergue pelos longos corredores, sempre importantes nos momentos difíceis e nos bons momentos.

E a todos que de alguma força me incentivaram e apoiaram a realização do trabalho em questão.

Índice

Índice	7
1. Introdução	1
2. Detalhes construtivos dos Telhados Verdes	5
3. Redução do escoamento superficial	8
4. Conforto ambiental	10
5. Aumento de Áreas Verdes	13
6. Efeitos Estéticos, Psicológicos (bem estar) e de Lazer.....	15
7. Geração de renda	17
8. Conclusões e Recomendações.....	18
Bibliografia Consultada.....	20

1. Introdução

O crescimento populacional, o adensamento de construções e a mudança radical da paisagem, têm caracterizado o processo de urbanização em escala mundial nas últimas décadas. Na década de 1950 um terço da população mundial residia em cidades. Na atualidade, metade da população mundial reside nos grandes centros urbanos. Grande parcela desse crescimento tem ocorrido em países em desenvolvimento. No Brasil, já se verifica um contingente maior que 70% da população residindo nas áreas urbanas.

Neste crescente cenário de urbanização, impactos ambientais e sócio-econômicos decorrentes da interação com eventos hidrológicos têm sido recorrentes, afetando grande parte da população. O conjunto dos impactos ambientais e em especial nos recursos hídricos derivados das aglomerações populacionais e do seu contexto urbano, têm demandado de forma contundente a busca por soluções que, forçosamente não se limitam ao campo restrito de uma disciplina ou de análises isoladas. Ainda, a Lei 9433/97 que define a Política e o Sistema Nacional para Gestão dos Recursos Hídricos, prevê, que o planejamento e a gestão de recursos hídricos, sejam implementados de forma integrada a gestão do uso e ocupação do solo.

Os aspectos que caracterizam a urbanização e que estão mais diretamente relacionados ao ciclo hidrológico e aos recursos hídricos estão associados com o crescimento populacional e aumento do número de construções assim como, a conseqüente impermeabilização da superfície do solo. O aumento da impermeabilização reduz as taxas de infiltração, que por sua vez leva à diminuição das taxas de recarga para os aquíferos e à diminuição do escoamento básico. O escoamento superficial é intensificado, aumentando em velocidade e, a frequência e magnitude dos picos de cheia, levando ocasionalmente às enchentes. O aumento da população contribui para o crescimento da demanda dos recursos hídricos e ao mesmo tempo aumentam os volumes de efluentes e de resíduos sólidos.

A mudança do uso do solo também tem impacto no balanço de energia entre superfície e atmosfera. Além da mudança da resistência aerodinâmica que afeta a movimentação do ar das áreas em torno, aumenta a transferência de calor para a atmosfera. Ainda, os depósitos de resíduos sólidos contribuem na emissão de gases do efeito estufa. Esses fatores conjugados tendem a produzir temperaturas mais altas e favorecimento à ocorrência de chuvas

convectivas nos conglomerados urbanos do que em regiões com características mais rurais. A interação entre processos físicos que ocorrem na superfície e na atmosfera podem ao longo do tempo levar a mudança na distribuição e disponibilidade dos recursos hídricos (HALL, 1984).

Nesse contexto, têm sido empregados os telhados verdes em várias partes do mundo principalmente com finalidades estéticas de valorização do espaço urbano e para melhoria do conforto ambiental. Essas áreas verdes podem servir também para retenção do escoamento superficial, minimizando as enchentes urbanas. Os telhados verdes são caracterizados como toda cobertura ou telhado, que agrega em sua composição, uma camada de solo ou substrato e outra de vegetação. Podem ainda serem classificados como telhados verdes extensivos ou intensivos. As coberturas verdes intensivas são caracterizadas por camadas de solo maiores que 20 cm, são constituídos de plantas e arbustos de médio porte, que exigem para o seu desenvolvimento um ambiente mais complexo, exigindo uma estrutura reforçada e com as cargas bem distribuídas devido aos esforços extras promovido pelas plantas, solo e água. Já as coberturas verdes extensivas, são caracterizadas por camadas de solo menores que 20 cm, compostas por espécies de pequeno porte, como as autóctones, por resistirem a pouca ou nenhuma manutenção, onde existe uma maior preocupação com irrigação e fertilização até as plantas se estabelecerem, realizando as manutenções necessárias para a funcionalidade da cobertura verde (CORREA&GONZALEZ, 2002).

Estudos em telhados verdes extensivos identificaram espécies de plantas que resistiram bem em clima tropical, como *Portulaca grandiflora*, *tradescantia pallida*, *Asparagus densiflorus* e *Senico confusos*, apresentando melhores condições de adequação (Laar, 2001), as espécie são vulgarmente conhecidas como Onze-horas, Coração roxo, Aspargo rabo de gato e Margaridão respectivamente, podendo também ser cultivados dezenas de espécies como, Cebolinha, Louro, Jasmim amarelo, Magnolia, Azaléia, Amor perfeito, Begônia entre outras.

Na sua construção é preciso atentar para a impermeabilização da laje onde será implementado o telhado verde, para não comprometer a estrutura da edificação com infiltrações futuras. A escolha correta dos materiais que irão compor a camada filtrante é muito importante, evitando-se a perda das partículas de solo e uma drenagem eficiente, onde a sua espessura irá variar de acordo com a camada de solo ou substrato presente no telhado. A água drenada poderá ser armazenada e aproveitada para futuras irrigações do telhado verde,

isso tudo depende de um pré-projeto detalhando todos os itens que irão compor o futuro telhado verde.

Os telhados verdes podem ser definidos ainda como acessíveis e inacessíveis, sendo o primeiro uma área aberta ao uso de pessoas, como um jardim suspenso ou um terraço, proporcionando benefícios sociais aos seus usuários e agregando valor comercial ao edifício, e as inacessíveis, que não permitem a circulação de pessoas, podem ser planas, curvas e com inclinações. A frequência da manutenção, irrigação, fertilização e poda de raízes dependerá das espécies escolhidas no projeto e os objetivos do mesmo.

No contexto histórico, os telhados verdes não constituem nenhuma inovação tecnológica, pois há muitos séculos já se fazia uso desta técnica construtiva de estimável valor para a manutenção do ciclo hidrológico. Conta a história que os primeiros jardins suspensos construídos pelo homem foram os zigurates da antiga Mesopotâmia e na Babilônia, região onde hoje se encontra o Iraque, sendo construídos entre 600 a .C. e 450 a.C.. Na Babilônia, onde foram construídos os famosos Jardins Suspensos, se encontrava o mais famoso de todos, o Etemenanki que tinha uma altura total de 91m e base quadrada de 91m. O mais conservado dos antigos zigurates é o que fica localizado na cidade de Ur, é o zigurate de Nanna. O grande número de construções com coberturas verdes, pelos povos antigos dessas regiões, se deve ao seu ótimo desempenho térmico proporcionado, em função da camada combinada entre solo e vegetação, que em ambientes de climas quentes, impedem a passagem de calor para dentro das edificações e em climas frios retêm por mais tempo o calor dentro das edificações (OSMUNDSON, 1999).

Durante o Império Romano, era comum o cultivo de árvores nas coberturas dos edifícios, como os mausoléus de Augusto e Adriano. Os Vikings utilizavam na construção de suas casas, camadas de gramado em suas paredes e telhados para se protegerem das chuvas e dos ventos. No período renascentista, na cidade de Genova na Itália, eram comuns tetos com vegetação nas casas (PECK, 1999). Também se pode citar o exemplo do México no período pré-colombiano. Na Índia, nos séculos XVI e XVII, e em algumas cidades espanholas já existiam seus exemplos de coberturas com vegetação. A partir deste momento começaram a surgir em algumas cidades francesas e por toda a Escandinávia, até a metade do século XX a construção de coberturas verdes que eram consideradas inclusive como uma prática de cultura popular. Em países como Alemanha, Áustria e Noruega, o conceito de telhado verde já é amplamente difundido, tendo inclusive empresas especializadas no assunto. Sobretudo,

devido ao antigo interesse desses países em combater a degradação ambiental e a rápida devastação dos espaços verdes em áreas de desenvolvimento urbano acelerado.

Nos anos 60 foram desenvolvidas muitas técnicas de construção de telhados verdes, principalmente na Alemanha. Nos anos 70 a pesquisa se intensificou e foram introduzidos vários tipos de materiais drenantes, membranas impermeabilizantes, agentes inibidores de raízes, substratos de baixa densidade e espécies adequadas de plantas. Durante os anos 80 o crescimento das construções foi de 15% a 20% ao ano, com um total de dez milhões de metros quadrados de telhados verdes em 1996 na Alemanha. Este expressivo crescimento foi estimulado por leis municipais, estaduais e federais que subsidiavam cada metro quadrado de cobertura verde a ser construída (PECK, 1999).

Em outros países, como na Áustria os subsídios são divididos em três etapas, no projeto, na execução e três anos após a construção, para assegurar o uso e a manutenção adequada, um dos grandes interesses destes governos em apoiar projetos de coberturas verdes, esta associado aos benefícios qualitativos e quantitativos no gerenciamento das contribuições pluviométricas urbanas (JOHNSTON, 1996).

O principal objetivo dessa monografia é promover uma revisão bibliográfica sobre a temática dos telhados verdes com ênfase nas suas funções de minimização de alguns dos impactos da urbanização no ciclo hidrológico e nos recursos hídricos, como apoio ao experimento de telhados verdes a ser implementado no contexto do Projeto HidroCidades – Cidades, Qualidade de Vida e Recursos Hídricos: Gestão Integrada dos Recursos Hídricos e Planejamento Urbano da Região da baixada de Jacarepaguá (CNPQ, 2006).

Os materiais utilizados para a execução deste trabalho foram pesquisas feitas a partir de publicações sobre o tema, trabalhos de final de curso, dissertações de mestrado e teses de doutorado. O método está associado à síntese destes trabalhos em um material, que pretende difundir e ilustrar as vantagens das coberturas verdes no modelo atual de urbanização, onde a preocupação com a drenagem urbana é essencial, sem esquecer do conforto ambiental proporcionado e a economia de energia para climatizar ambientes urbanos construídos.

O texto da monografia está organizado de maneira a descrever explicitamente todas as funções dos telhados verdes, contextualizadas de forma contemporânea e mais especificamente associadas à problemática nacional. A seguir são descritos os detalhes construtivos dos telhados verdes, as funções das coberturas verdes, dando maior ênfase às

questões associadas ao planejamento e gestão de recursos hídricos integradas no contexto do planejamento urbano.

2. Detalhes construtivos dos Telhados Verdes

São usados os seguintes elementos para compor a estrutura dos telhados verdes (Figura 2.1):

1-Laje: Elemento estrutural onde devem ser consideradas as cargas permanentes e as cargas acidentais, também pode ser utilizado um outro suporte estrutural.

2-Camada impermeabilizante: A função é proteger o elemento estrutural de infiltrações, pode ser utilizado materiais diferentes como betuminosos e sintéticos.

3-Isolante térmico: É utilizado de acordo com a incidência de energia solar que a cobertura absorve, poliestireno extrudado pode ser utilizado como material isolante térmico.

4-Camada drenante: Tem como função dar vazão ao excesso de água no solo, pode ser constituída de argila expandida, brita ou seixos de diâmetros semelhantes, sendo fundamental para o sistema. Sua espessura pode variar de 7 cm a 10 cm, elementos industrializados a base de poliestireno são frequentemente utilizados na Europa por também terem características de isolantes térmicos.

5-Camada filtrante: Evita que a água das chuvas e das regas arraste as partículas de solo do telhado verde, utiliza-se normalmente uma manta geotêxtil.

6-Solo: substrato orgânico que deve possuir boa drenagem, de preferência um solo não argiloso que apresente uma boa composição mineral de nutrientes para o sucesso das plantas, a espessura varia de acordo com o tamanho das plantas, quanto maior for as plantas maior será a sua profundidade do solo.

7-Vegetação: Para a sua escolha é necessário o conhecimento do clima local, o tipo de substrato a ser utilizado, tipo de manutenção que será adotada no telhado verde, no caso de irrigações, o ideal é a escolha de plantas que não são exigentes a umidade, resistem bem ao estresse hídrico.

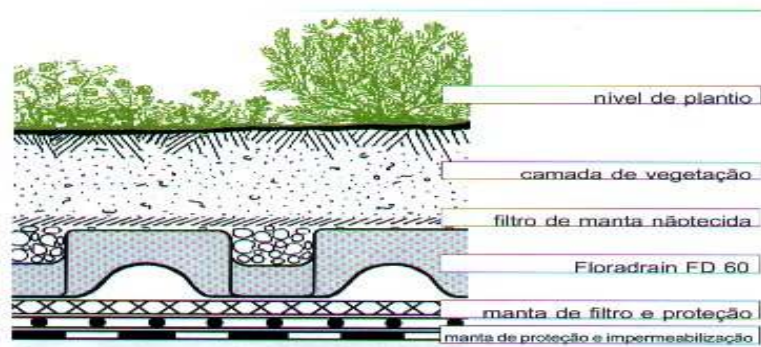


Figura 2.1: Estrutura do telhado verde (Fonte: Zinco, 2000)

A seguir são apresentadas as etapas construtivas (Figuras 2.2 e 2.3):

Primeira etapa: São construídas as muretas de contenção, acima da laje paredes de alvenarias rebocadas com argamassa e com os drenos já instalados.

Segunda etapa: Após a construção das muretas é aplicado na laje e nas muretas o material impermeabilizante, sendo o número de vezes especificado pelo fabricante.

Terceira etapa: É colocado o material que irá compor a camada drenante, sendo a espessura dependendo do porte das plantas.

Quarta etapa: É colocado o material da camada filtrante, no caso mais indicado é uma manta geotêxtil.

Quinta etapa: É introduzida a camada de solo com a espessura relativa ao porte das plantas, com os nutrientes necessários para o estabelecimento das plantas no telhado.

Sexta etapa: Enfim são introduzidas as mudas ou plantas que irão compor o futuro telhado verde.



Figura 3.1 – Assentamento de tijolos.



Figura 3.2 – Convecção do reboco.



Fig. 3.3 – Pasta de cimento e latex.



Fig. 3.4 – Aplicação do Impermeabilizante.

Figura 2.2: Detalhes construtivos (Fonte:Cunha, 2002)



Figura 3.5 – Substrato / Macdrain 2L.



Figura 3.6 – Protótipo LCC.

Figura 2. 3: Detalhes construtivos (Fonte: Cunha, 2002)

3. Redução do escoamento superficial

O ciclo hidrológico vem sendo prejudicado devido ao desenvolvimento urbano desordenado, que resultam no aumento do escoamento superficial de águas pluviais, impactos ao meio ambiente e na população em geral, principalmente nas áreas mais carentes por não possuírem infra-estrutura suficiente de planejamento de suas residências, bem como de seus acessos e conseqüentemente as linhas naturais de drenagem (TUCCI, 2003). No início até as áreas que possuíam planejamento apresentavam resultados de equívocos, acreditando que se fosse aumentada a capacidade hidráulica do sistema de drenagem seria conseguida solução técnica suficiente. No entanto, o aumento da capacidade apenas agravou o problema, levando a inundações e rompimento de algumas galerias de águas pluviais. Para o desenvolvimento de novos modelos é preciso a busca de novas soluções sustentáveis que recuperem o ciclo hidrológico, como as linhas naturais de drenagem do ambiente, bem como a permeabilidade do solo, permitindo a recarga dos lençóis freáticos, com altas taxas de infiltração, sem aumentar o consumo de energia (Figura 3.1). Adicionalmente, é imprescindível que o conceito de bacia hidrográfica seja incorporado como tópico principal no planejamento urbano em suas dimensões múltiplas.

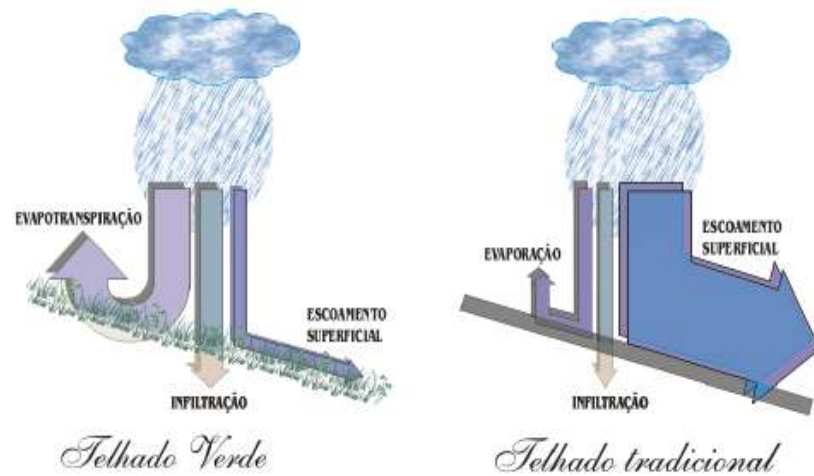


Figura 3.1: Comparação de escoamento de um telhado verde com um telhado normal (Fonte: Laar, 2002)

Pensando em soluções sustentáveis os telhados verdes surgem como uma proposta interessante para redução do escoamento superficial e o gerenciamento das contribuições pluviais. O cultivo de plantas tropicais de espécies que apresentam melhores condições de adaptação, tendo em vista a construção de telhados verdes extensivos, ou seja, telhados cujas espécies de plantas que não sejam exigentes nas rotinas de manutenção periódicas e que apresentam custos de estrutura reduzidos em função de camadas mais estreitas e leves de substratos, com impermeabilização e drenagem bem executados, é uma alternativa capaz de reduzir problemas ambientais relacionados a má gestão dos recursos hídricos, que fazem parte da rotina dos grandes centros urbanos, como enchentes e inundações (KOELLER, 2000).

Os projetos de drenagem urbana são desenvolvidos dentro de premissas estruturais onde os impactos são transferidos de montante para jusante sem nenhum controle das suas fontes contribuintes. No escoamento superficial esse processo de desenvolvimento tem provocado aumento da frequência das enchentes e o entupimento das galerias de águas pluviais em virtude dos sedimentos arrastados e comprometimento da qualidade da água. É fundamental o controle da erosão urbana tanto na manutenção da capacidade de escoamento do sistema de drenagem como na qualidade e quantidade da água produzida pelo sistema hídrico. À medida que a cidade se urbaniza, são evidenciados os seguintes impactos: aumento das vazões das bacias hidrográficas devido a impermeabilizações do solo com materiais

tradicionais usados em projetos de urbanização e, o aumento do escoamento superficial. Conseqüentemente, verifica-se o aumento das recargas hídricas nos dutos e canais de drenagem, aumento do processo erosivo do solo e sedimentação dos dutos e canais, já que a superfície do solo fica desprotegida. Verifica-se ainda, o aumento da produção de resíduos sólidos, mais uma vez comprometendo a qualidade da água (TUCCI, 2003).

4. Conforto ambiental

Os telhados verdes favorecem o desempenho térmico dos edifícios, interno e externo, proporcionando um maior conforto ao usuário, e também ao entorno dos telhados verdes, pois essas áreas tendem a ficarem mais úmidas devido à presença de plantas no local, proporcionando uma maior área com cobertura vegetal, melhorando assim o clima local e a qualidade do ar.



Figura 4.1: Construção no Japão utilizando toda a cobertura com telhado verde (Fonte: Ecotelhado, 2006)

Segundo (CORREIA & GONZALEZ, 2002), recuperar o meio consiste em reabilitar edifícios e espaços para as novas funções urbanas e ambientais (Figura 4.1). De acordo com Rivero (1985) a vegetação é um elemento rico em possibilidades, capaz de promover a harmonia dos recursos, como a forma e a orientação dos edifícios, além das características de

serem elementos arquitetônicos fixos ou móveis, que tem como finalidade principal o controle da radiação solar, procurando minimizá-la no verão e otimizá-la no inverno.

A vegetação contribui de forma significativa para o estabelecimento de microclimas. Segundo Romero(2000), através do processo de fotossíntese que auxiliando na umidificação do ar, provoca o resfriamento evaporativo que diminui a temperatura e aumenta a umidade do ar em dias quentes de verão, a vegetação atua como um refrigerador evaporativo diminuindo as altas temperaturas (AKBARI, 2002). A vegetação também contribui para estabilizar o clima ao seu entorno, reduzindo a amplitude térmica, absorvendo energia e favorecendo a manutenção do ciclo oxigênio-gás carbônico que é essencial para a renovação do ar atmosférico (DIMOUDI & NIKOLOPOULOU, 2003). De acordo com Givoni (1976), as coberturas são os elementos que mais sofrem com as amplitudes térmicas devido a sua grande exposição aos efeitos climáticos. O impacto da radiação solar em dias de verão, as perdas de calor durante a noite e as chuvas afetam as coberturas mais do que qualquer outra parte da edificação, por isso sofrem grandes impactos de variações de temperaturas. Segundo Velazquez (2002), o desempenho térmico de uma cobertura com telhado verde e uma tradicional pode ser comparado com as medições do fluxo de energia nos dois sistemas de cobertura, considerando a temperatura do ar, temperatura de superfície do telhado, velocidade e sentido do vento e a umidade relativa do ar.

Em centros urbanos as superfícies verdes nas coberturas são de estimável benefício para o conforto ambiental e térmico, dos usuários dessas edificações, além da economia de energia para climatização de ambientes internos e da redução do efeito urbano denominado “ilhas de calor”, causado devido ao crescimento urbano desordenado e sem comprometimento com o meio ambiente, portanto essas áreas verdes estão se tornando cada vez mais escassas, contudo, a composição de vegetação nas superfícies dos telhados urbanos tem sido uma opção eficiente na manutenção e no aumento das áreas verdes (NIACHOU, 2001). Nas cidades as coberturas verdes funcionam como um filtro contra a poluição e na manutenção da umidade relativa do ar, não tendo somente um caráter estético e ornamental (GOMEZ, 1998).

No projeto urbanístico das cidades deve-se levar em consideração, uma edificação segura, adequada ao uso, confortável, durável e principalmente econômica, também as contribuições hídricas para a bacia hidrográfica, tendo o urbanista a responsabilidade de adequar a sua cidade dentro da bacia de modo a evitar possíveis problemas em relação a

drenagem natural do terreno, adequando as vias rodoviárias e as áreas residências, as linhas naturais de drenagem da bacia hidrográfica.

O ambiente oferece condições que permitem avaliar o nível de conforto, sendo condições isotérmicas, eletrodinâmicas e acústicas, da pureza do ar e do conforto visual, as trocas térmicas são fatores que dependem dos materiais usados para as vedações do ambiente interior e exterior, e o telhado verde tem um ótimo desempenho em relação ao conforto ambiental proporcionado em relação a outros materiais utilizados para a execução de coberturas tradicionais (GOMEZ, 1998). Pesquisas realizadas constataram uma maior procura por materiais do tipo isolantes térmicos, tanto em regiões de clima quente, quanto em regiões de clima frio e isso se deve a uma exigência de mercado atual que é o conforto térmico, o que em consequência vem a aumentar a demanda de energia nas grandes cidades, tanto para usuários residenciais, comerciais e industriais. O projeto térmico de edifícios urbanos depende da exigência térmica interna requerida, das condições climáticas externas e dos materiais de construção utilizados nas vedações do meio interno para o meio externo, os raios emitidos pelo sol exercem grande influência nas estruturas dos edifícios, principalmente aqueles que não possuem uma proteção térmica adequada à região, sendo os telhados responsáveis pela maior área de incidência de raios solares nos edifícios e conseqüentemente o maior contribuinte para o fluxo de calor transferido ao ambiente interno, as variações que os telhados sofrem no decorrer do dia são de altas temperaturas, devido a insolação direta e, à noite em virtude do rápido resfriamento ocasionado pelas trocas de radiação de onda longa com o céu, perde calor com rapidez (RIVERO, 1998).

O Rio de Janeiro possui na maior parte do ano regiões onde existe uma intensa insolação, sendo assim os telhados, que sofrem as maiores variações térmicas diárias e anuais, deveriam ser o elemento com maior proteção térmica. Neste sentido, uma opção considerável é a adequação da cobertura dos edifícios. A vegetação aplicada à cobertura pode protegê-la da radiação solar direta, assim como resfriá-la, por intermédio do efeito de refrigeração evaporativa. As coberturas verdes têm comprovado eficiência nas questões relacionadas à resistência mecânica, estabilidade, segurança contra incêndios, isolamento acústico, proteção térmica e economia de energia, em relação a outros tipos de materiais utilizados em coberturas residenciais, industriais e comerciais, também contribui para o desenvolvimento mais sustentado, utilizando práticas ecologicamente corretas e de preservação do meio ambiente, e em consequência melhorando a qualidade de vida em ambientes urbanos.

Quando a vegetação é utilizada estrategicamente em coberturas, é uma solução natural considerada como um complemento ecológico aos espaços verdes das selvas de concreto das cidades, além de contribuir para o benefício térmico de suas construções e seus entorno. Do ponto de vista térmico, os benefícios são inquestionáveis, e ainda ajudam na manutenção de microclimas (WONG, 2003).

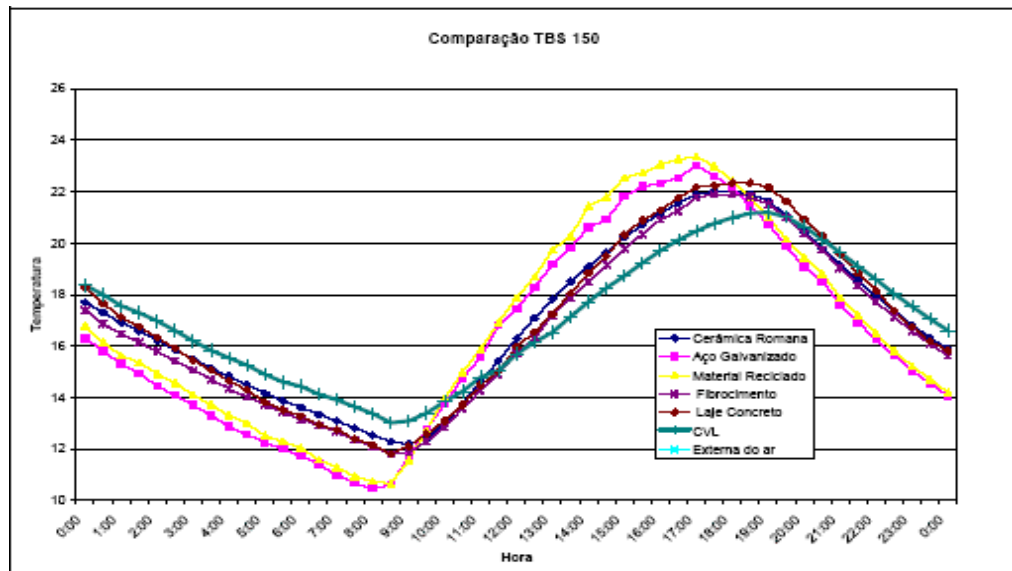


Figura 4.2: Comparação da temperatura interna dos diversos materiais utilizados em telhados (Fonte: Laar, 2002)

Pode-se analisar no gráfico (Figura 4.2) o desempenho dos diversos materiais utilizados em coberturas, telha cerâmica romana, aço galvanizado, material reciclado, fibrocimento, laje de concreto e as coberturas verdes (CVL), concluímos que os telhados verdes apresentam uma menor amplitude térmica em relação aos outros materiais, comprovando a sua eficiência no conforto ambiental proporcionado para os seus usuários

5. Aumento de Áreas Verdes

Em virtude das várias funções da vegetação, os telhados verdes desempenham um papel importante no estabelecimento de microclimas e na atenuação do efeito urbano chamado de “ilhas de calor”, contribuindo para a redução dos níveis de dióxido de carbono (CO₂) produzidos pelos veículos, indústrias e sistemas mecânicos. Acelerando positivamente

a expansão das áreas verdes (Figura 5.1) que se contribui para o bem estar do ser humano, tendo em vista um modelo de urbanização que prioriza e sobrecarrega a cidade e despovoava o campo (NIACHOU, 2001).



Figura 5.1: Ilustração de aumento das áreas verdes (Fonte: Ecotelhado, 2006)

Projetos urbanísticos alternativos baseados na sustentabilidade e na reabilitação ecológica têm como objetivo evitar o consumo excessivo dos recursos naturais, reduzir os custos com energia e tratamento de resíduos, recuperar o meio com suas características de origem e reabilitar espaços a novas funções.

A preocupação dos planos diretores das grandes cidades com a adequação ambiental e o uso racional da cobertura do solo é uma realidade, e o aumento das áreas verdes é um tema quase que obrigatório nos diversos planos diretores, porém o modelo de industrialização e as necessidades do mercado econômico divergem em determinados pontos no processo de se utilizar elementos naturais no processo da urbanização, ou seja, a transferência máxima de elementos da natureza para o ambiente urbano afim de melhorar a qualidade de vida de seus usuários. A construção de parques urbanos e o incentivo para a manutenção das áreas verdes já se tornou uma realidade urbana, e a possibilidade das coberturas verdes se tornarem mais populares do que realmente são, pode ser um fator positivo no planejamento urbano do século XXI. Podendo os urbanistas e arquitetos contarem com mais um elemento importante para a adequação urbana aos planos diretores das cidades.

Observa-se em países que tiveram um rápido crescimento industrial que 70% a 80% de sua população reside em centros urbanos. Em virtude desta grande concentração populacional urbana, a preocupação em adequar as cidades ao bem estar de seus habitantes e de agregar elementos da natureza para a sua composição estrutural torna-se ainda mais importante.

6. Efeitos Estéticos, Psicológicos (bem estar) e de Lazer

Os telhados verdes possuem características positivas no que diz respeito ao conforto e bem estar dos seus usuários, tanto internamente quanto externamente. Várias pesquisas em ambiência mostram os resultados positivos ao se utilizarem coberturas verdes, refletindo no estado psico-emocional dos seus usuários. Proporciona também atividade terapêutica, como a jardinagem em si, envolvida na manutenção dos telhados verdes, e a sensação de bem estar por amenizar o ambiente urbano com a utilização de vegetação (Laar, 2001).

Nos países escandinavos e em especial na Alemanha vários projetos residenciais, comerciais e até industriais de arquitetura que compõem coberturas verdes, vem obtendo sucesso e grande aceitação dos usuários (Figuras 6.1 e 6.2), favorecendo esteticamente o projeto final da edificação, até por se tratar de uma técnica de tradição nestes países (PECK, 2000).

Existem também incentivos fiscais para quem adota a cobertura verde em sua residência, recebendo créditos por área verde (m^2) em seu terreno, uma medida governamental bastante interessante, tendo em vista, que se a cidade possuir metade de seus imóveis com as coberturas verdes a sensação térmica da cidade irá melhorar em até cinquenta por cento, com a diminuição da temperatura e o aumento da umidade relativa do ar.

No caso do Brasil, um país de clima tropical, em especial o Rio de Janeiro onde se verifica temperaturas médias altas, as coberturas verdes podem ser exploradas de maneira bastante positiva., Os projetos de arquitetura cada vez mais enfatiza o paisagismo das edificações e os telhados são ainda poucos explorados. Em geral ficam como elemento a ser trabalhado no projeto final. Exemplos europeus, como já citados acima, demonstram os vários benefícios das coberturas verdes. De acordo com Givoni (1976), o aspecto estético talvez seja uma das questões mais compensadoras que o tema pode contribuir para a arquitetura, sendo as plantas um elemento que torna o projeto mais receptivo tanto para o futuro morador quanto

para os vizinhos, contribuindo para um equilíbrio estético local e o conforto visual dos moradores. Ainda, como já mencionado anteriormente, têm também relação o aspecto psicológico, tendo em vista que áreas verdes tendem a trazer uma certa tranquilidade, gerando assim indivíduos mais tranquilos na sociedade. Vários psicólogos recomendam a jardinagem como atividade para terapias, tendo a certeza que o cultivo de plantas bem como trabalhar a sua manutenção, para a saúde das mesmas fazem bem ao ser humano.

A jardinagem praticada para a manutenção dos telhados verdes também é uma atividade que representa o lazer dos seus usuários podendo cultivar espécies florísticas e até medicinais, podendo também essas espécies ser para fins culinários, como temperos, por exemplo. A possibilidade, inovadora, aqui apresentada, de agregar valor a essas espécies é uma proposta bastante interessante, podendo o cultivo tornar-se lucrativo. Ressalta-se, no entanto, que nesse caso, será necessária mais atenção por parte do responsável pelo plantio, para garantir a integridade das plantas ali cultivadas, para a segurança alimentar, e a comercialização das mesmas (GOMEZ, 1998).



Figura 6.1: Ilustração de telhado verde (Fonte:Ecotelhado, 2006)



Figura 6.2: Ilustração de telhado verde (Fonte: Ecotelhado, 2006)

7. Geração de renda

No que diz respeito a lucratividade os telhados verdes apresentam um potencial econômico interessante, podendo ser cultivados nas coberturas tanto plantas medicinais de pequeno porte, temperos domésticos, plantas ornamentais (Figura 7.1). Para o bom desempenho da produção é necessária uma manutenção adequada a cada modelo produtivo, porém a venda dos futuros produtos pode sustentar os gastos com a manutenção do telhado a respeito de irrigação e jardinagem (CORREA&GONZALEZ, 2002).

A implementação de telhados verdes em comunidades carentes, cujo modelo de ocupação é feito sem nenhum prévio planejamento, pode se tornar uma alternativa interessante para o processo de cidadania e comprometimento com o meio ambiente, por parte de populações mais carentes em educação ambiental e saneamento, apresentando um potencial de melhorias na infra-estrutura dessas comunidades, além da formação de profissionais como jardineiros e a geração de renda por conta dos produtos comercializados

cultivados no telhado. Esse é o contexto do experimento a ser implementado no Projeto HidroCidades - Cidades, Qualidade de Vida e Recursos Hídricos: Gestão Integrada dos Recursos Hídricos e Planejamento Urbano da Região da baixada de Jacarepaguá (CNPQ, 2006).

A existência de subsídios para a construção e manutenção dos telhados por parte de algumas cidades européias pode se tornar uma grande novidade no mercado futuro das construções residenciais, conforme já explicito no trabalho, em nosso país existe um grande apelo pelos recursos hídricos renováveis, e a construção de coberturas verdes em condomínios residenciais de luxo e loteamentos populares, construídos pelo governo e distribuídos às classes menos favorecida, com a exigência de pelo menos 30% das casas com os telhados verdes, pode contribuir na melhoria do clima em pequena e larga escala.



Figura 7.1: Plantas ornamentais em telhado verde (Fonte: Ecotelhado, 2006)

8. Conclusões e Recomendações

Essa monografia promoveu uma revisão sobre as funções dos telhados verdes na questão do planejamento e da gestão de recursos hídricos integrados a gestão do uso e ocupação do solo, sobretudo na questão do planejamento urbano. Os ambientes urbanos

apresentam paisagens que contrastam com o ecossistema natural. Em escala de urbanização elevada, como nos grandes centros, isto resulta em problemas como, alta concentração populacional, aumento de áreas impermeabilizadas, superfícies refletivas, aquecendo ainda mais o ambiente urbano, importando energia e gerando produtos que não se incorporaram ao ecossistema, causando a poluição do solo, da água e do ar. A introdução da cultura dos telhados verdes nas futuras construções urbanas pode amenizar, recuperar o equilíbrio do ecossistema urbano e melhorar a qualidade de vida, conforme foi demonstrado no texto.

No entanto, a implantação dos telhados deve ser cautelosa nos aspectos construtivos, sobretudo com relação ao processo, técnica e material utilizado na impermeabilização da cobertura. Ainda, ao interceptar as águas pluviais e, conforme o caso, reutilizando o efluente da drenagem na própria irrigação da cobertura verde, não contribui para minimização do impacto da redução das recargas subterrâneas, que já se observa em regiões urbanizadas. Esse impacto talvez possa ser em parte compensado a partir de outras ações integradas, como por exemplo, a implantação de jardins urbanos. Essa pesquisa introduziu ainda a proposta do cultivo de espécies que possam contribuir na geração de renda no caso da introdução dos telhados verdes em comunidades de baixa renda. Não foi verificada na literatura consultada muitos exemplos desse tipo de inserção dos telhados verdes. Essa proposta então, para maior consolidação, necessita de validação através de experimentos, que na verdade estarão sendo implementados no contexto do Projeto HidroCidades - Cidades, Qualidade de Vida e Recursos Hídricos: Gestão Integrada dos Recursos Hídricos e Planejamento Urbano da Região da Baixada de Jacarepaguá, no qual essa monografia está inserida.

Bibliografia Consultada

AL SANEA, S.A. Thermal performance of building roof elements. *Building and environments*, v. 37, n. 7, p.665-675, 2002.

CORREA, C.B.; GONZALEZ, F.J.N. O uso de coberturas ecológicas na restauração de coberturas planas. In: NÚCLEO DE PESQUISA EM TECNOLOGIA DE ARQUITETURA E URBANISMO-NUTAU. Anais...São Paulo: Pró-reitoria de Pesquisa, Universidade de São Paulo, 2002.

CNPQ – Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento, Cidades, Qualidade de Vida e Recursos Hídricos: Gestão Integrada dos Recursos Hídricos e Planejamento Urbano da Região da Baixada de Jacarepaguá, Processo no. 500129/2006-1, Edital 05/2006 Águas Urbanas.

DIMOUD, A.; NIKOLOPOULOU, M. Vegetation an urban environmet: Microclimatic analysis and benefits. *Energy and Buildings*, v. 35, n. 1, p. 69-73, 2003.

GIVONI, B. *Man, climate and arquitetura*. 2 ed. London; Applied Science Publishers Ltda. 1976.

HALL, M. J. (1984) *Urban Hydrology*, Elsevier Ltd, Belfast – Ireland.

GOMEZ, F. *Et al.* Vegetation and climates changes in a city. *Ecological Engineering*, v. 10, n. 4, p.355-360, 1998.

JONHSTON, J.; NEWTON, J. *Building green: A guide for using plants on roofs, walls and paviments*. London: The London Ecology Unit, 1996.

KOELLER, M. SCHMIDT. Green Roofs in the temperate climates and in the hot humid tropics. 18th Int. Conference and Passive and Low Energy Arquiteure, PLEA Proc. Florianopolis, Brasil, p. 493-499, 2000.

LAAR, M. *Et al.* Estudo de aplicação de plantas em telhados vivos extensivos em cidades de clima tropical. In. ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO-ENCAC, 6. Anais...São Pedro, São Paulo, 2001.

MORGADO, J. M. Coberturas verdes. *Impermeabilizar*. São Paulo, n. 78, p.62-76, 1995.

NIACHOU, A. *et al.* Analysis of green roof thermal properties and investigation of its energy performance. *Energy and Buildings*, v. 33, n. 7, p. 719-729, 2001.

OSMUNDSON, T. Roofs gardens: history, desing and construction. New York: W.W. Norton e Company, Inc, 1999.

PECK, S. W. *Et al.* Greenbacks from green roofs: forging a new industry in Canadá. Peck and associates, 2002.

POUEY, M. T. F. Estudo experimental do desempenho térmico de coberturas planas- Vegetação e Terraço. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)- Escola de Engenharia, Universidade Ferderal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

RIVERO, R. Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural. Porto Alegre: D. C. Luzzatto Editores: Ed. da Universidade, UFRGS, 1998.

ROMERO, M. A . B. Principios bioclimáticos para o desenho urbano. São Paulo. ProEditores, p.31-32, 2000.

TUCCI, C. E. M. Estudos Hidrologicos-Hidrodinamicos do rio Iguaçu na Região Metropolitana de Cuririba. Prosan-Suceam Curitiba 2 volumes, 1996

WONG, N. H. *Et al.* Investigation of thermal benefitsof rooftop garden in the tropical environment. Building and Environmet, v. 38, n. 2, p. 261-270, 2003.

WONG, N. H. *Et al.* The efects of rooftop garden on energy consumption of a commercial building in Singapore. Energy and Buildings, v. 35, n. 2, p.353-364, 2003.