

# COBERTURAS VIVAS EXTENSIVAS: ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO EM PROJETOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE E SERRA GAÚCHA

Lisandra F. Krebs<sup>1</sup>, Miguel A. Sattler<sup>2</sup>

**Resumo:** Apesar do crescente interesse de profissionais e usuários pelas coberturas vivas, o Brasil não possui tradição nessa solução construtiva. O presente trabalho analisa experiências de sua utilização e aponta os principais erros a serem evitados. A pesquisa levantou um conjunto de dez obras utilizando coberturas vivas extensivas na cidade de Porto Alegre e na Serra Gaúcha, a partir da década de 70. A aplicação dessa solução mostrou-se viável para a região estudada e os resultados apontam para a necessidade de maior atenção na execução dessas coberturas. A presente pesquisa possibilita traçar um comparativo entre a bibliografia existente sobre o tema (prioritariamente internacional) e a realidade que os profissionais enfrentam localmente. Ainda, busca contribuir para a formação de um banco de dados sobre a utilização de coberturas vivas no Brasil.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade ambiental. Construção civil. Coberturas vivas.

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de coberturas vivas extensivas pode trazer vantagens, tanto em nível urbanístico quanto para o conforto térmico dos usuários das edificações com elas contemplados. Esse tipo de cobertura está se tornando cada vez mais um requisito projetual em novos empreendimentos e reformas.

Apesar do crescente interesse de profissionais e usuários por esse tipo de cobertura, o Brasil não possui tradição no uso dessa técnica construtiva e há, ainda, certa carência de informações na literatura nacional sobre o assunto. A literatura pesquisada, prioritariamente internacional, apresenta materiais ainda não encontrados no mercado brasileiro, e este ainda não dispõe de uma industrialização consolidada.

A análise de experiências práticas possibilita a comparação das soluções projetuais adotadas localmente com aquelas referidas na literatura. Adicionalmente, a compilação de dados sobre as etapas de execução e manutenção e as entrevistas com usuários possibilitam o conhecimento das dificuldades enfrentadas, sobretudo pela falta de industrialização de componentes e pela falta de especialização da mão de obra, o que tem sido enfrentado por quem quer executar as coberturas vivas.

O objetivo deste artigo é analisar as experiências de utilização de coberturas vivas extensivas na região selecionada, identificando seus projetos, execução e manutenção, assim como os principais

---

1 Arq. e Urb., MEng. – Univates – Lajeado, Brasil. E-mail: liskrebs@gmail.com

2 Eng. Civil, PhD – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: masattler@gmail.com

erros a serem evitados. A partir dessa análise, torna-se possível elencar recomendações úteis para projetistas, executores e usuários.

## 2 CARACTERÍSTICAS DAS COBERTURAS VIVAS EXTENSIVAS

O que caracteriza as coberturas vivas é a aplicação de vegetação sobre o telhado, sob a forma de grama ou de outras espécies vegetais. As coberturas são construídas em camadas, como as de substrato e de impermeabilização, que são localizadas sob essa vegetação, e podem comportar diferentes estruturas para o seu suporte.

### 2.1 Definição de coberturas vivas extensivas

A literatura pesquisada identifica dois tipos de coberturas vivas. Essa classificação leva em conta a espessura da camada de substrato, os tipos de plantas a ele associados e a necessidade de manutenção. As coberturas vivas intensivas (ou ajardinadas) são possíveis apenas em coberturas planas, costumam ter substratos com 20cm ou mais de espessura e, segundo Britto (2001), podem ser compostas de plantas, arbustos e até árvores, e têm a manutenção típica de qualquer jardim cultivado.

As coberturas denominadas extensivas, por sua vez, possuem uma camada de substrato menor, geralmente próxima de 10cm, e podem ser executadas tanto em coberturas planas quanto em inclinadas. Britto (2001) descreve a vegetação desse tipo de cobertura como (geralmente) autóctone, sendo irrigada e nutrida por processos naturais. Segundo Minke (2000), a vegetação dessas coberturas compreende pequenos arbustos, gramas e ervas, e exige menos manutenção que as coberturas vivas intensivas. Esse autor explica que essas coberturas formam uma durável e fechada camada de plantas e que seu peso, com a terra molhada, corresponde a menos de 160Kg/m<sup>2</sup>.

Fagundes e Mano (2001 apud KROLKIEWICZ, 1991) salientam que as coberturas vivas extensivas tendem a se aproximar das formas de vegetação próximas ao meio em que está inserida a edificação. Por esse motivo, são utilizadas espécies adequadas às condições de exigências climáticas locais, particularmente as espécies nativas, assim como as que possuem alta capacidade de adaptação.

### 2.2 Benefícios

Além dos aspectos psicológicos, relacionados ao aumento de área vegetada em meios urbanos, as coberturas vivas oferecem, também, benefícios de ordem técnica, como:

- resfriamento do entorno imediato: segundo Menegat *et al.* (1998), as massas vegetais contribuem para diminuir o impacto das chamadas “ilhas de calor” urbanas;
- redução da amplitude de oscilação de temperatura do ciclo dia/noite, por meio da evapotranspiração e da condensação da água. Minke (2004) afirma que esse fenômeno será reforçado, ainda, por meio de uma relativamente grande capacidade térmica, tanto pela água contida nas plantas e no substrato quanto por meio do fenômeno natural da fotossíntese;
- isolamento térmico: Minke (2004) refere que, em regiões de clima quente e com intensa radiação solar, o efeito de resfriamento das coberturas é ainda mais notório que o de isolamento térmico no inverno. Por um lado, isso se explica devido à sombra gerada sobre a terra, pela vegetação, o que impede a radiação solar de incidir diretamente sobre ela;

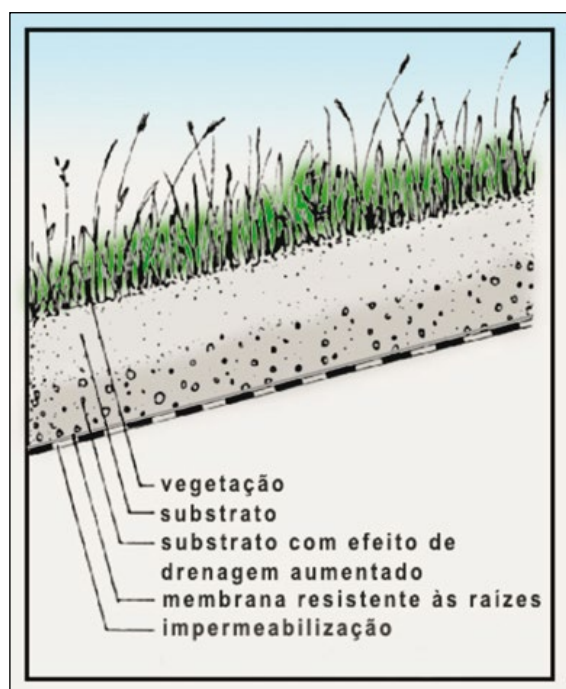
e, por outro, devido ao consumo da energia solar incidente para a evaporação da água e para a fotossíntese. Há, ainda, uma parcela dessa energia solar que é refletida pelas folhas;

- redução da oscilação térmica sobre a impermeabilização (e conseqüente aumento de sua vida-útil): devido à existência da vegetação e do substrato, há uma redução na oscilação térmica da camada de impermeabilização e também da estrutura. Pouey (1998) refere, em sua pesquisa, que as medições feitas no nível da impermeabilização (em protótipo com cobertura viva) apresentaram menores oscilações térmicas em todas as estações comparativamente àquelas apresentadas por uma cobertura com terraço impermeabilizado, de boa execução;
- redução no impacto de águas pluviais incidentes sobre os telhados: segundo Pouey (1998), em telhados com cobertura viva o percentual das águas das chuvas que serão conduzidas pela canalização cai para cerca de 30% do total do volume incidente. Além disso, há um atraso no tempo de escoamento das águas das chuvas, relativamente à precipitação, o que possibilita o alívio dos sistemas de drenagem pluvial.

### 2.3 Composição construtiva

As coberturas vivas extensivas são compostas por várias camadas (FIGURA 1).

Figura 1 - Camadas que compõem uma cobertura viva extensiva genérica



Fonte: Baseado em Minke (2004)

A listagem abaixo, elaborada por Kohler et al. (2004), descreve a função de cada camada da cobertura:

- a) impermeabilização: impede a infiltração de água na estrutura;
- b) membrana resistente às raízes: é a camada de proteção, para impedir danos à impermeabilização, como, por exemplo, por raízes agressivas;

- c) substrato com efeito de drenagem aumentado: também chamado de camada drenante, é responsável pela regulagem da detenção de água e da drenagem de seu excesso;
- d) substrato: é onde se encontram os nutrientes, dando suporte à vegetação, retendo e absorvendo água. O tipo de substrato e sua altura irão variar conforme a vegetação escolhida e a inclinação da cobertura. Em se tratando de coberturas extensivas, normalmente a altura do substrato varia entre 4 e 19 cm (total);
- e) vegetação: consiste na parte vegetal propriamente dita. Nas coberturas extensivas as espécies que podem ser utilizadas apresentam menor diversidade, uma vez que são plantas mais rústicas, menos demandantes de maiores cuidados com manutenção.

Entre as camadas de drenagem (ou substrato drenante) e de substrato (ou substrato fino), pode ainda existir uma camada filtrante. Essa camada, composta por uma manta geotêxtil permeável, impede a passagem dos substratos finos para a camada de drenagem, o que, para coberturas planas ou de leve inclinação, prejudicaria o sistema de drenagem e a circulação do ar. Esta manta geotêxtil costuma, também, ser encontrada envolvendo a tubulação de drenagem.

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

#### 3.1 Amostragem

Foram investigadas obras que utilizam coberturas vivas extensivas, preferencialmente na cidade de Porto Alegre. Devido ao número limitado de exemplares encontrados na cidade, e também por sua relevância, foram incluídas coberturas localizadas na região metropolitana e também na Serra Gaúcha (na cidade de Nova Petrópolis, especificamente). Definida a amostragem (um total de dez edificações), foram entrevistados seus autores, levantado material gráfico e outras informações pertinentes. A Figura 2 mostra a cobertura mais antiga (de 1979) após sua reforma e a cobertura viva original.

Figura 2 - Residência 1 no bairro Assunção: após a reforma (a) e, em 2003, com a cobertura original (b)



### 3.2 Definição dos aspectos a serem analisados

Após realizadas a análise bibliográfica e as entrevistas com os autores dos projetos, foram definidos os principais aspectos a serem considerados, de boas práticas, nas fases de projeto, execução e manutenção.

Quadro 2 - Principais aspectos a serem analisados nas coberturas pesquisada

Projeto	Execução	Manutenção
Impermeabilização	Forma de execução	Irrigação
Substrato vegetal	Mão de obra empregada	Podas
Espécies vegetais		Substituição da vegetação
Influência da orientação solar		
Inclinação		
Drenagem das águas residuais		

### 3.3 Entrevistas com usuários

A fim de complementar as informações obtidas durante as visitas *in loco*, foram elaboradas entrevistas semiestruturadas, posteriormente aplicadas aos usuários. Assim, dados complementares àqueles fornecidos pelos autores de projeto e pela literatura consultada puderam ser considerados. A avaliação dos usuários e a comparação de suas respostas com as expectativas dos autores dos projetos farão parte de outro artigo, que terá este foco mais específico. Para o presente artigo, foram considerados os dados relativos à manutenção das coberturas.

### 3.4 Visitas *in loco*

Durante as visitas *in loco* foram observadas detalhadamente as coberturas, fazendo-se o seu registro fotográfico, e realizadas entrevistas com os usuários das edificações. Em algumas ocasiões, o autor e/ou executor das coberturas também esteve presente, o que possibilitou aprofundar e enriquecer a pesquisa.

### 3.5 Análise do material levantado

Patrício (1996 apud COLOMBO, 2004) destaca que, nos métodos qualitativos de pesquisa, a análise de dados é concomitante à coleta, a fim de aprofundar gradativamente o tema estudado. Nesse sentido, a organização, a análise, a reflexão e a síntese dos dados são realizados durante todo o processo de coleta de dados. Segundo essa autora, esse processo permite que um dado oriente a interpretação e compreensão de outros, além da obtenção de esclarecimentos e/ou validação da compreensão do investigador em relação aos dados com os sujeitos.

Durante a coleta de dados efetuou-se, concomitantemente, a sua categorização em relação aos objetos de estudo. Para tanto, foi realizada uma análise formal dos dados provenientes da coleta. Para caracterizar, de forma organizada e sucinta, os itens de análise relevantes às obras, foi elaborado um quadro de dados da edificação e da cobertura viva, no formato apresentado, como o exemplo a seguir:

Quadro 3 - Exemplo da organização de dados para uma das coberturas

Uso da edificação	Residência unifamiliar e escritório de arquitetura
Data de início da obra	1978 (término da obra, com início de ocupação em 1979)
O projeto foi concebido com cobertura viva	Sim
Tempo de construção da cobertura viva	O entrevistado não respondeu a este item
Orientação solar	Cobertura voltada para o sul
Sistema estrutural da cobertura	Vigas e lajes em concreto armado
Inclinação da cobertura	Inclinação variável, entre 20° e 30°
Peso estimado por m <sup>2</sup> (com terra molhada)	O entrevistado não respondeu a este item
Drenagem	Calha em concreto, moldada junto com a estrutura
Impermeabilização da estrutura	Manta asfáltica
Tipo de substrato	Terra preta
Altura do substrato	25 cm
Espécies vegetais empregadas	<i>Zoysia japonica</i> . Nome comum: grama-esmeralda
Houve reposição das espécies vegetais	Sim, em 2002
Estado da vegetação na visita ao local	Bom, cobrindo toda a superfície do substrato
Tipo de manutenção requerida	Irrigação manual nos meses quentes (sem frequência definida)

Após realizadas todas as visitas *in loco* e as entrevistas com os usuários, os dados foram compilados, a fim de facilitar a análise dos objetos de estudo.

## 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1 Aspectos relativos à fase de projeto

#### 4.1.1 Impermeabilização

De todos os componentes da cobertura viva, a camada de impermeabilização é a que mais exige cuidados. Além de proteger a estrutura contra a penetração de água, essa camada deve, também, apresentar boa proteção antirraízes. Minke (2004) descreve, como material seguro e econômico para essas funções, um tecido de poliéster revestido em PVC, com espessura de 2mm. Segundo esse autor, esse tecido cumpre, sozinho, as funções de impermeabilização e de proteção antirraízes. Por ser importado, esse material tem custo elevado e não foi utilizado em nenhuma das obras levantadas.

Britto (2001) conta que uma boa solução de impermeabilização deve prever um sistema formado por diversas camadas, para aumentar seu desempenho. A membrana de PEAD (polietileno de alta densidade) cumpre a função de proteção antirraízes, mas o ideal é que abaixo dela exista uma camada específica de impermeabilizante, a fim de otimizar sua eficiência.

Embora tenha sido utilizada em oito das 10 obras analisadas, a membrana de PEAD demonstrou ser uma opção com limitações. O material é rígido e difícil de se executar dobras, motivo pelo qual Minke (2004) recomenda que tanto as dobras quanto as emendas sejam encomendadas

junto com a membrana, vindo já executadas pelo fornecedor. Nas duas obras onde foi empregada apenas a membrana de PEAD como impermeabilização os dados da bibliografia se confirmaram: as dobras e arremates foram de difícil execução. Uma dessas coberturas é plana regular; a outra tem superfície de leve inclinação e com um formato que exigiu recortes na manta. Com esses recortes, houve a necessidade de executar emendas, o que não foi feito na própria fábrica, nem com a técnica indicada (solda a quente). Nas duas situações ocorreram infiltrações na cobertura.

Segundo Minke (2004), as membranas betuminosas necessitam de proteção antirraízes, o que pode ser feito por meio de uma membrana adicional. Curiosamente, a pesquisa encontrou bom resultado, em termos de durabilidade da impermeabilização, nas duas coberturas executadas apenas com manta asfáltica. Construídas no mesmo ano de 1979, as residências 1 e 2, no bairro Assunção, empregaram esse tipo de impermeabilização, que teve vida útil similar, nos dois casos (24 e 20 anos, respectivamente), até sua substituição. A explicação para que as infiltrações tenham demorado a aparecer, mesmo sem a proteção antirraízes (conforme indicado pela literatura), é que as gramíneas, que compunham a camada de vegetação, não possuem raízes agressivas à impermeabilização. Como nas duas obras houve corte excessivo da grama (o que ocasiona maior ressecamento do substrato e perda de matéria orgânica), pode-se supor que o material impermeabilizante poderia ter sua vida útil estendida por mais tempo, caso essa prática não ocorresse.

#### 4.1.2 Definição das espécies vegetais

Um dos principais benefícios proporcionados pelo uso das coberturas vivas é a pouca necessidade de manutenção. A escolha criteriosa das espécies a serem empregadas é fundamental para que essa vantagem seja obtida. Sua especificação depende, além da característica das plantas, em si, de requererem pouca manutenção, também de fatores como: orientação solar, clima local, inclinação da cobertura, se há sombreamento ou não e altura de substrato necessária. Na escolha das espécies é importante, ainda, especificar aquelas com raízes menos agressivas ao material de impermeabilização.

Na amostragem analisada foram encontradas gramíneas retiradas do próprio local de implantação das coberturas, além das seguintes espécies: *Sedum multiceps*, *Sedum-espetacular*, *Kalanchoe fedtschenkoi*, *Portulaca oleracea*, *Cuphea gracilis*, *Callisia repens*, *Asparagus densiflorus*, *Plectranthus neochilus*, *Bulbine frutescens*, *Polygonum capitatum*, *Iris sp.*, *Lavandula angustifolia*, *Lamnpranthus sp.*, *Portulaca grandiflor*, *Zoysia japonica*, *Tradescatia zebrina*, *Aptenia cordifolia*, *Lysimachia congestiflora*, *Bulbine frutescens*, *Schefflera arboricola* e *Balsamina*.

Ao se analisar as espécies vegetais utilizadas, constatou-se que as obras que elegeram espécies locais empregaram, predominantemente, gramíneas. As demais espécies vegetais foram, em sua quase totalidade, exóticas. Segundo o agrônomo e paisagista que prestou consultoria a quatro das obras analisadas, há pouca disponibilidade de produção e pesquisa de espécies nativas para emprego como mudas individuais – como é o caso, nas coberturas vivas. Por esse motivo, a escolha recaiu sobre as espécies já conhecidas e utilizadas em coberturas vivas. Isso sugere a necessidade de serem realizadas mais pesquisas nessa área, a fim de conhecer, também, a adaptabilidade de plantas locais e nativas a essa técnica construtiva.

O levantamento identificou substratos com diferentes composições: terra retirada do próprio local, com adição de areia, com granulometria média, terra preta; terra preta e areia (na proporção de 85% e 15%, respectivamente); terra preta, com adição de casca de arroz e composto orgânico de excrementos de javalis (na proporção de 75%, 20% e 5%, respectivamente); terra preta, cinzas de casca de arroz e composto orgânico de aviário (na proporção de 70%, 20% e 10%, respectivamente); e terra preta com pequenas quantidades de materiais compostados (cascas de frutas e algas marinhas).

Apesar da variedade de composições, percebeu-se que os substratos, via de regra, receberam adições, o que, além de aumentar sua permeabilidade (facilitando assim a oxigenação das raízes), também contribuiu para maior riqueza orgânica.

#### 4.1.3 Inclinação da cobertura

Segundo Minke (2004), as coberturas se dividem em quatro grupos, conforme sua inclinação:

- a) planas – até 3°;
- b) de leve inclinação – acima de 3° e até 20°;
- c) de forte inclinação – acima de 20° e até 40°;
- d) “empinadas” – superiores a 40°.

Minke (2004) descreve que as coberturas de leve inclinação são as mais indicadas para as coberturas vivas extensivas, sendo as mais fáceis de executar e baratas, se comparadas às demais inclinações. Nessas coberturas, o substrato cumpre tanto a função de armazenar a água incidente quanto de drenar a água excedente, bastando, para isso, que sejam agregados ao substrato partículas de maior granulometria. Assim, é dispensada a camada adicional para drenagem da água excedente, necessária às coberturas planas, bem como o filtro que a separa do substrato. As inclinações entre 3° e 20° dispensam também os elementos de contenção do substrato, necessários às coberturas de forte inclinação e empinadas.

A observação das obras, no entanto, mostrou que apenas duas, entre as 10 coberturas, eram levemente inclinadas. As vantagens oferecidas pela leve inclinação não foram o que definiu a escolha da inclinação das coberturas. Outras questões funcionais, como a existência de um sótão sob o telhado, ou a procura da melhor inclinação para os coletores solares, foram os fatores determinantes. Mesmo nas demais casas, a escolha da inclinação deveu-se muito mais a outras decisões projetuais do que à busca pelo melhor desempenho da cobertura viva (considerando-se a relação custo-benefício). A única cobertura empinada (44° de inclinação), em Nova Petrópolis, necessitou de uma contenção para impedir o deslizamento do substrato. A laje recebeu uma estrutura vulgarmente chamada de espinha de peixe (FIGURA 3), formada por pequenas muretas com 10cm de altura.

Figura 3 - Estrutura espinha de peixe, para evitar o deslizamento do substrato (a) e cobertura pronta (b)



#### 4.1.4 Outros aspectos projetuais

As coberturas vivas extensivas compõem um sistema em que a harmonia entre as partes é fundamental para seu bom desempenho. Cada escolha implica em outra encadeada, pois algumas características fazem toda a diferença dentro do conjunto. Por exemplo, coberturas extensivas planas não necessitam de mecanismos antideslizantes (para estabilizar o substrato), mas, em contrapartida, precisam de uma camada de drenagem mais eficiente e de uma maior altura de substrato que as coberturas inclinadas.

A drenagem das águas residuais, a previsão de acesso à cobertura para a manutenção e o tipo de sistema de irrigação (quando houver) são todos aspectos de suma importância na fase de projeto, tanto quanto a escolha da vegetação ou a altura do substrato.

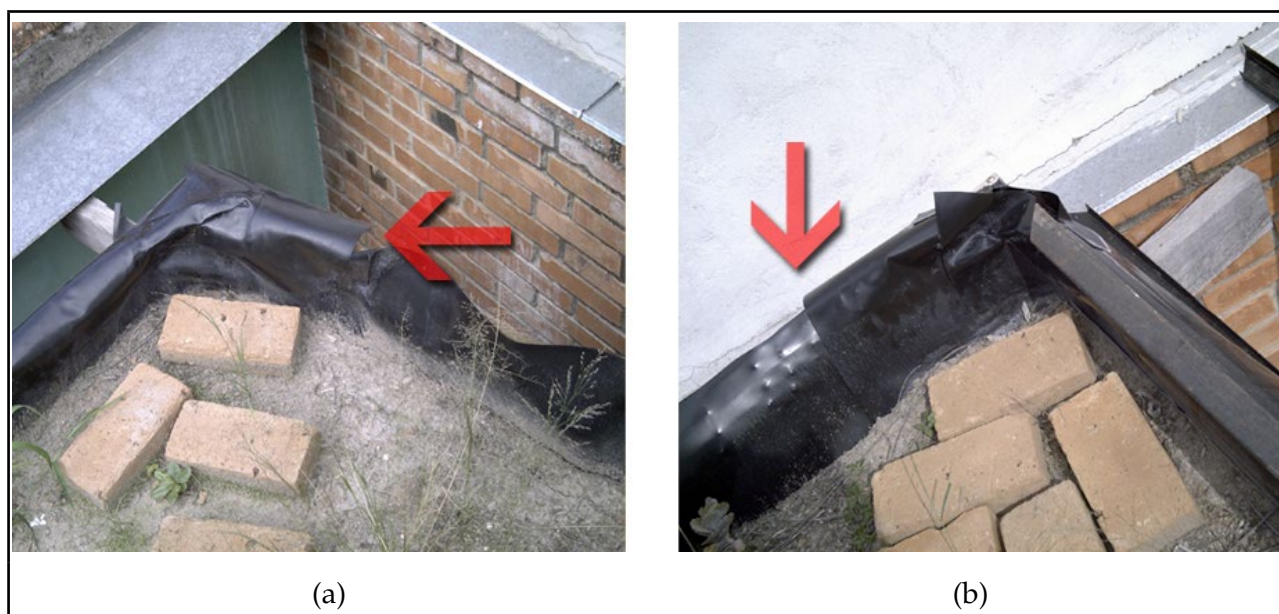
As coberturas vivas, em Nova Petrópolis, não apresentaram nenhuma diferenciação, em termos de espécies selecionadas, em relação às demais. As espécies vegetais, bem como todos os outros componentes da cobertura, foram definidos em função de sua disponibilidade no mercado local.

#### 4.2 Aspectos relativos à fase de execução

Os principais cuidados a serem tomados durante a execução dos projetos, segundo os entrevistados, estão relacionados com a impermeabilização, o que coincide com a literatura pesquisada. No que se refere à execução das coberturas, dentre os exemplos levantados há apenas uma tentativa de industrialização, o restante é artesanal, lembrando as construções vernaculares europeias. Aquela tentativa, que resultou em um produto patenteado denominado “Ecotelhado”, possui o mérito de facilitar a montagem da cobertura viva e de oferecer facilidade de remoção, no caso de reparos no subtelhado.

As demais obras contaram com mão de obra ordinária ou foram executadas em sistema de mutirão, o que foi prejudicial, especialmente nas obras que utilizaram a membrana de PEAD, com suas dobras, recortes e emendas sendo executadas *in loco*, ao contrário do recomendado por Minke (2004). A Figura 4 demonstra em uma das coberturas a situação anteriormente descrita: houve dificuldade na execução das dobras e sobreposições da manta de PEAD, na cobertura plana (e sem recortes), o que resultou em infiltrações já na primeira chuva.

Figura 4 - Recortes da manta nas bordas (a) e sobreposição da manta (b)



#### 4.3 Aspectos relativos à fase de manutenção

O Quadro 4 apresenta, de forma sintetizada, a manutenção relatada pelos entrevistados.

Quadro 4 - Manutenção realizada, por cobertura

Obra	Manutenção realizada
1	Eventual retirada de espécies (“inços”), e a irrigação nos meses quentes. Após 24 anos, substituição da manta, substrato e vegetação
2	Devido às infiltrações causadas pelas emendas feitas na manta, foram necessários remover partes da cobertura, refazer a impermeabilização e reaplicar o substrato e a vegetação
3	Ainda não foi executado, mas está previsto um detalhamento a ser desenvolvido, em função das infiltrações causadas pelas dobras e arremates da manta de PEAD
4	Nenhuma até o momento da visita
5	Regas esporádicas no verão anterior à visita
6	Nenhuma até o momento da visita ao local
7	Sistema de irrigação por gotejamento, entre duas e três horas por dia, durante a época de estiagem (verão)
8	Irrigação nos meses quentes, e testes com novas espécies. Substituição da calha
9	Corte da grama, eventual retirada de espécies (“inços”) e irrigação nos meses quentes. Após 20 anos, substituição da manta, substrato e vegetação
10	Nenhuma até o momento da visita

Devido ao tempo transcorrido desde sua construção, as duas coberturas mais antigas forneceram mais dados sobre manutenção. Nos dois casos houve eventual retirada de inços, e irrigação manual nos meses quentes, sem frequência definida. A respeito do corte da grama,

Minke (2004) recomenda que seja evitado ao máximo, pois pode causar, além do ressecamento da cobertura, de forma rápida, a perda de matéria orgânica. O corte excessivo da grama, embora não recomendado pela literatura, foi realizado nessas duas coberturas. Na Residência 2, no bairro Assunção, inclusive, foi utilizado cortador de grama sobre a cobertura, o que contribuiu para a diminuição de sua vida útil.

Dentre as coberturas mais novas, quatro delas necessitaram de reparos e substituição da vegetação. Todas o fizeram devido a problemas de infiltrações, decorrentes de falhas nos sistemas construtivos, havendo erros de projeto e execução. Uma delas, inclusive, não apresentava bom recobrimento durante a visita. Sobre essa cobertura, o arquiteto entrevistado relatou que, devido a seu caráter experimental, estava testando espécies vegetais. Por esse motivo, essas quatro obras não devem ser consideradas como parâmetro para a avaliação de manutenção das coberturas vivas.

Os demais exemplares analisados eram ainda de implantação recente, quando realizada a visita *in loco* (no máximo dois anos transcorridos, desde sua execução, até o momento da visita), e a manutenção relatada pelos entrevistados restringiu-se, de modo geral, à irrigação manual, nos meses quentes.

## 5 CONCLUSÕES

Por meio da análise das obras estudadas, bem como das entrevistas realizadas com projetistas, executores e usuários, foi possível confirmar que as coberturas vivas extensivas são tecnicamente viáveis na região selecionada. A pesquisa possibilitou, também, traçar um comparativo entre a literatura existente sobre o tema e a realidade que os profissionais enfrentam localmente, confirmando recomendações dos autores, e identificando os principais erros cometidos por projetistas, executores e usuários.

Para que seu uso confirme os benefícios descritos pela literatura, é necessário que a cobertura viva seja entendida como um sistema com relativa complexidade, em que uma série de fatores interagem. A orientação solar e a inclinação da cobertura, são o ponto de partida na escolha das espécies vegetais a serem empregadas. Além desses fatores, essa escolha ainda deve recair sobre as espécies com raízes pouco agressivas, e de preferência nativas e com pouca necessidade de água. A inclinação também está relacionada à drenagem: coberturas planas necessitam de maior drenagem de águas residuais que as demais.

Os resultados apontaram para a necessidade de maior atenção à compatibilização entre os projetos, aos materiais disponíveis para sua execução (como a membrana de PEAD), e a mão de obra que executará a cobertura. A cobertura 3, para exemplificar, foi projetada com recorte para a chaminé, diversos planos de cobertura, e planejada para ser executada em mutirão, com mão de obra desqualificada. Essa combinação resultou em dificuldades na execução, e posteriores infiltrações. Ainda nessa obra, a membrana de PEAD teve suas emendas feitas por sobreposição, sem solda e *in loco*.

A experimentação é necessária para a evolução da técnica, mas sem o respeito aos requisitos, conforme descritos na literatura, enfraquecem-se os argumentos que defendem o uso de coberturas vivas em maior profusão. Um planejamento conjunto de diferentes fatores é fundamental para que a cobertura viva atenda às expectativas de seus usuários. Assim, a complexidade do projeto deve levar em conta a mão de obra que o executará, bem como se os materiais serão ou não industrializados.

No período em que se deu a investigação, não foi encontrada no mercado nenhuma empresa que fornecesse o conjunto de produtos e serviços necessários às coberturas vivas, a exemplo do que é oferecido em países onde seu uso já está consolidado. Nesses países, empresas como a alemã ZinCo vendem os componentes, executam, e oferecem manutenção e garantia. Em apenas três das

10 obras analisadas houve uma empresa envolvida, vendendo o serviço de execução. Dentre essas, apenas uma cumpriu com o contrato: aquela que trazia os módulos com plantas dentro, em um produto patenteado.

Durante a pesquisa também não foi encontrado, no mercado, o tecido de poliéster revestido em PVC, de 2mm de espessura, citado por Minke (2004) como sendo a solução de proteção às raízes mais segura e econômica utilizada na Europa. Por esse motivo, faz-se importante testar e avaliar o desempenho dos materiais disponíveis para o emprego dessa técnica construtiva, em especial aqueles componentes com a função de impermeabilização.

Embora as coberturas vivas extensivas estejam sendo cada vez mais projetadas e executadas nacionalmente, identificou-se certa carência de pesquisas científicas sobre o tema. Pesquisas com espécies nativas, para emprego como mudas individuais – como é o caso, nas coberturas vivas –, possibilitarão a verificação da adaptabilidade de plantas locais e nativas a essa técnica construtiva. Outro componente para o qual novas pesquisas serão benéficas é a impermeabilização, pois o uso de coberturas vivas está intimamente ligado ao conceito de sustentabilidade, e a manta asfáltica (que foi a impermeabilização que apresentou melhor resultado nas obras investigadas) não é uma opção condizente com esse conceito. Nesse sentido, esta pesquisa busca contribuir para a formação de um banco de dados sobre a utilização de coberturas vivas no Brasil.

## REFERÊNCIAS

- BRITTO C. C. **Análisis de la Viabilidad y Comportamiento Energético de la Cubierta Plana Ecológica.** Tese (Doutorado em Construção e Tecnologia Arquitetônicas) - Departamento de Construção e Tecnologia Arquitetônicas. Escola Técnica Superior de Arquitetura. Universidade Politécnica de Madrid. Madrid, Espanha. 2001.
- COLOMBO, C. R. **Princípios Teórico-Práticos para Formação de Engenheiros Civis:** em Perspectiva de uma Construção Civil Voltada ao Desenvolvimento Sustentável. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)-PPGEC. UFSC, Florianópolis. 2004.
- FAGUNDES, H. A. V; MANO, R. S. **Cobertura Vegetal:** O A Jardinamento de Tetos Planos e Inclinados. Trabalho não publicado.-PPGEC. UFRGS, Porto Alegre. 2001.
- KOHLER, 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, 2001, Campinas. **Anais...** Disponível em: <<http://www.fh-nb-de/lu/manKoebler/download/encac-telhadoverde-fp.doc>>. Acesso em: 12 set. 2004.
- MENEGAT, R. et al. **Atlas Ambiental de Porto Alegre.** Porto Alegre: Editora da Universidade, 1998.
- MINKE, G. **Dächer Begrünen Einfach und Wirkungsvoll.** Freiburg: Ökobuch Verlag, 2000.
- MINKE, G. **Techos verdes: planificación, ejecución, consejos prácticos.** Montevideo: Fin de Siglo, 2004.
- POUEY, M. T. F. **Estudo experimental do desempenho térmico de coberturas planas:** vegetação e terraço. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – PPGEC. UFRGS, Porto Alegre. 1998.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos Professores PhD. Beatriz Fedrizzi, PhD. Celina Britto, PhD. Glenda Cruz, Me. Hilton Fagundes, Me. Júlio Cruz, ao arquiteto Carlos Menz, ao agrônomo Me. Toni Backes, a todos os autores dos projetos pesquisados e também a seus usuários.