



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

**ENTAC 2010**

XIII Encontro Nacional de Tecnologia  
do Ambiente Construído

## **SISTEMA DE COBERTURA VERDE PARA UMA EDIFICAÇÃO DA ÁREA DE SAÚDE NUMA IFES**

**Fernando D. N. Caetano (1); Antônio C. G. Tibiriçá (2); Glaucio L. A. A. Santos (3)**

(1) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas –  
Universidade Federal de Viçosa, Brasil

(1) e-mail: [URSO.arq@gmail.com](mailto:URSO.arq@gmail.com)      (2) e-mail: [tibirica@ufv.br](mailto:tibirica@ufv.br)

(3) Departamento de Solos – Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal de Viçosa, Brasil  
e-mail: [glaucioalemparte@gmail.com](mailto:glaucioalemparte@gmail.com)

### **RESUMO**

Muitas culturas e povos ao redor do mundo possuem, em seus conhecimentos construtivos tradicionais, princípios que utilizam elementos da natureza para compor o ambiente construído. Deixados de lado por muito tempo, atualmente esses conhecimentos têm sido resgatados e vistos como parte da solução para a problemática ambiental das cidades. Neste âmbito, este artigo aborda o conceito de coberturas verdes, parte deste aparato tecnológico tradicional, o qual oferece uma forma criativa de inserir a vegetação no meio urbano e tirar partido de suas vantagens. É feito aqui um estudo de caso sobre o processo de projeção de coberturas verdes adaptadas à realidade da construção civil brasileira, expondo-se estratégias e soluções técnicas em face de dificuldades e demandas encontradas. Isto foi possível a partir de uma oportunidade de concepção deste sistema para um edifício da Universidade Federal de Viçosa. Tal projeto demonstrou que a tecnologia possui grande flexibilidade a diferentes situações, aceitando materiais e plantas locais para a composição de seus componentes. Concluiu-se que as coberturas verdes possuem viabilidade técnica para uso em edificações no Brasil.

Palavras-chave: cobertura verde; sustentabilidade construtiva; projeto.

## 1 INTRODUÇÃO

Utilizar as plantas para integrar o ambiente construído ao ambiente natural constitui um dos ramos mais promissores que o setor da construção civil atualmente vislumbra. Sabe-se que por muito tempo esse princípio esteve presente na cultura construtiva de diversos povos, determinando o modo como materializavam os seus abrigos e espaços da vida cotidiana. O fato é que, em muitos aspectos, essas concepções construtivas tradicionais satisfaziam ao que hoje se denomina de padrões construtivos sustentáveis, divulgados e discutidos no âmbito da preservação ambiental (WINES, 2008).

Alguns exemplos dos empregos que a vegetação tradicionalmente assumiu na arquitetura são: arrefecimento passivo de ambientes internos; criação de barreiras visuais, acústicas e térmicas; produção local de alimentos; criação de áreas de lazer e restauro; prolongamento da vida útil de componentes do edifício. Entretanto, com o desenvolvimento de novos materiais e técnicas construtivas, surgidos junto às mudanças de mentalidade e hábitos que a sociedade mundial sofre a partir da Revolução Industrial – século XIX, instaurando a sociedade do consumo massificado – modificou-se também o modo como as pessoas se relacionavam com o ambiente e idealizavam as construções nos grandes centros urbanos (HARVEY, 2004; DUNNETT & KINGSBURY, 2008).

O abandono de conhecimentos tradicionais que preconizavam a integração da vegetação (elemento natural) ao ambiente construído, impactou o meio urbano e a sua forma de crescimento, dando à vegetação uma conotação de empecilho ao desenvolvimento. Assim, ao engolirem áreas naturais ao seu redor e cobrirem o solo com materiais artificiais, as cidades passam a modificar não só o revestimento original do solo, mas também as suas propriedades superficiais, fator interligado ao equilíbrio de vários ciclos e processos naturais.

Materiais como o asfalto, o concreto, as pedras e as cerâmicas anulam a infiltração da água pluvial no solo e reduzem drasticamente o seu albedo. Pela sua incapacidade de reter partículas em suspensão, eles contribuem para uma maior concentração de poluentes no ar, e alguns deles ainda liberam resíduos tóxicos que são posteriormente lavados para os cursos d'água. O resultado se percebe na maior frequência de inundações urbanas, nas contaminações de corpos d'água, conformação das ilhas de calor urbanas, descaracterização de ecossistemas, e drásticas reduções na qualidade do ar que se respira nas cidades (MENTENS, RAES, & HERMY, 2005; SPANGENBERG, 2008).

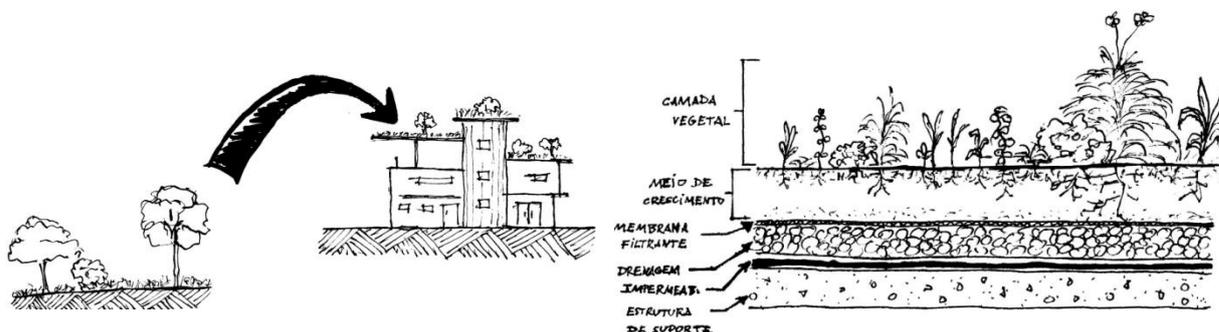
Hoje se sabe que a cobertura vegetal, originalmente presente no solo, é um dos fatores cruciais na prevenção destes desequilíbrios ambientais que afligem o meio urbano. De acordo com Shams, Giacomeli & Sucomine (2009), e Ayres, Targa & Peixoto (2005), a vegetação possibilita: **a)** maior retenção de água pluvial, reduzindo os riscos de inundações; **b)** equilíbrio térmico do ambiente através da evapotranspiração e sombreamento do solo; **c)** purificação do ar pela absorção de gases tóxicos ( $\text{NO}_x$ ;  $\text{CO}_x$ ;  $\text{SO}_x$ ) e adsorção de partículas sólidas em suspensão; **d)** amparo e proteção à vida silvestre; **e)** benefícios estéticos à paisagem urbana; **f)** benefícios psicológicos sobre a população.

O conhecimento destes fatos tem levado planejadores e gestores territoriais de todo o mundo a repensarem o atual modelo de expansão e configuração das cidades, assim como de seus edifícios. Neste processo, muitos conhecimentos tradicionais pró-integração do ambiente construído ao meio natural têm sido resgatados e considerados como parte da solução para a problemática ambiental urbana.

É dentre estas tecnologias que se encontra o conceito de coberturas verdes, abordado neste artigo. As coberturas verdes trazem consigo a idéia de recomposição da vegetação original retirada do solo, e, por conseguinte, a recuperação de suas propriedades superficiais originais. Para isto, elas utilizam a cobertura das edificações, onde são implantadas camadas de substrato e vegetação simulando a superfície do solo vegetado. Em certo sentido, as coberturas verdes podem ainda ser entendidas como uma forma de realocação da vegetação do solo retirada pela implantação do edifício (Figura 1).

Desenvolvidas na Alemanha durante as décadas de 1950 a 1980, atualmente as coberturas verdes são classificadas nas tipologias intensivas, semi-extensivas e extensivas, que dizem respeito ao seu grau de manutenção, aspecto visual e função. Enquanto na primeira classificação o sistema se assemelha a um jardim convencional, na última ele se aproxima de um ambiente natural intocado. Em todos os casos, as coberturas verdes sempre trazem a idéia de uma envoltória vegetal leve e sustentável, que protege o

edifício (OBERNDORFER *et al.*, 2007).



**Figura 1** - Função e composição das coberturas verdes

Fonte: desenho elaborado pelo autor

Um dos motivos pelo qual as coberturas verdes têm despertado tanto interesse na gestão pública de várias cidades, enquanto estratégia de sustentabilidade ambiental, advém do fato de possibilitarem a implantação de vegetação nas cidades sem entrar no mérito das disputas pelo uso e ocupação do solo, já que utilizam a cobertura dos edifícios para este fim. Via de regra, o solo urbano é muito valorizado e concorrido, e uma criação efetiva de massas vegetais com impactos ambientais positivos necessitaria ocupar grandes áreas do solo, o que muitas vezes torna tais empreendimentos inviáveis.

De acordo com Dunnett & Kingsbury (2008), as coberturas dos edifícios podem corresponder de 40 a 50 % das superfícies horizontais impermeáveis do meio urbano. Estudos de imagens de satélite feitas pela NASA, no Canadá e nos Estados Unidos, ainda indicaram que as coberturas dos edifícios são as superfícies mais quentes das cidades, atingindo temperaturas da ordem de 71 °C. Considerando estes dados, e sabendo que as coberturas dos edifícios normalmente são espaços subutilizados, fica evidente o potencial que a tecnologia das coberturas verdes possui para o desenvolvimento urbano sustentável.

Neste âmbito, este artigo aborda um estudo de caso com a aplicação do conceito de cobertura verde dentro da realidade brasileira. O trabalho descreve uma experiência de projeto do sistema para um edifício institucional localizado na cidade de Viçosa – MG. São, assim, discutidos aspectos técnicos do sistema, opções tipológicas, abordagens projetuais e outros aspectos importantes para a implantação de coberturas verdes em edificações.

## 2 OBJETIVO

O artigo tem como objetivo principal delimitar estratégias para o projeto de coberturas verdes, e suas repercussões técnicas, em edificações inseridas na realidade da construção civil brasileira. Por conseguinte, o artigo também visa despertar uma mentalidade criativa em profissionais do ramo para a execução de projetos de coberturas verdes.

## 3 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido a partir da análise de um projeto de cobertura verde para um edifício da área de saúde, na Universidade Federal de Viçosa, caracterizando-se como um estudo de caso do sistema. Elaborado pelos próprios autores, o projeto foi compartimentado em etapas sucessivas e dialéticas que, abordando diferentes aspectos técnicos, formaram uma linha de desenvolvimento sistematizada, passível de ser reconstruída e analisada para fins de estudo. Estas diferentes etapas do projeto, e os fatores que contemplaram, são expostos a seguir.

### 3.1 Levantamentos preliminares

Levantamento de fatores externos com relevante influência na elaboração do projeto. Dentre eles se destacam: orientação geográfica do edifício; condições climáticas locais; direção predominante do vento; paisagem circundante; mapeamento da insolação e sombreamento do edifício; pontos de visada. Os dados climáticos – únicos retirados de fonte diversa ao próprio projeto – foram obtidos na estação

meteorológica do INMET, localizada no campus da UFV.

### 3.2 Análise do leiaute e dos aspectos estruturais

Avaliação de plantas baixas, cortes e fachadas do projeto arquitetônico. Levaram-se em conta os diferentes ambientes existentes no edifício, a sua disposição no conjunto, e as implicações que o arranjo físico traria para o projeto da cobertura verde. Foi avaliado ainda, o limite de carregamento estrutural para a laje de suporte da cobertura verde. Os dados estruturais foram coletados junto à equipe técnica de engenharia da Pró-Reitoria de Administração.

### 3.3 Elaboração do conceito e partido para o projeto

Processo criativo, com a construção das principais idéias para o projeto da cobertura verde, baseando-se nos dados levantados nas etapas anteriores. Aqui também se elaboraram estratégias para a viabilização técnica do conceito do projeto.

### 3.4 Seleção de espécies vegetais / Formulação e teste de substratos

Etapas desenvolvidas paralelamente durante o projeto. A escolha das plantas foi realizada pela consulta a catálogos e manuais especializados, levando-se em conta: local de origem; efeito estético desejado; profundidade das raízes; função ecológica; nível de manutenção requerido. O principal grupo de plantas pesquisadas foi aquele com maior resistência a fatores de estresse, o que conduziu a busca para bancos de dados com plantas de regiões ruderais.

O substrato foi elaborado e testado de acordo com as necessidades das plantas escolhidas, observando ainda o carregamento estrutural imposto à laje. Procedeu-se assim à pesquisa de insumos disponíveis localmente para a sua composição, elaborando-se cinco possíveis composições de substrato viáveis para o sistema. Amostras destes substratos foram submetidas a análises laboratoriais para a determinação das propriedades físicas. A partir dos resultados, determinou-se o substrato que melhor se adequava à cobertura verde em questão.

### 3.5 Desenvolvimento do projeto

Disponíveis todos os dados necessários ao projeto, elaborou-se o desenho e o paisagismo de todo o sistema. Nesta etapa foi especificada a disposição das plantas na cobertura verde, as taxas de manutenção requeridas, os acabamentos, o perfil do sistema (com suas diferentes camadas) e a disposição da drenagem pluvial.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Levantamentos Preliminares, Análise do Leiaute e Definição do Conceito do Projeto

A cobertura verde estudada neste artigo foi projetada para um edifício, ainda em fase de construção, que sediará os cursos de medicina e enfermagem da Universidade Federal de Viçosa. O prédio, cujo partido é definido por um bloco longitudinal, cortado ao centro por um bloco vertical, possui várias peculiaridades funcionais que influenciaram no projeto de sua cobertura verde (Figuras 2 e 3). Junto a isto, soma-se a presença de vigas invertidas que dividiram a laje e sua cobertura verde em segmentos menores.

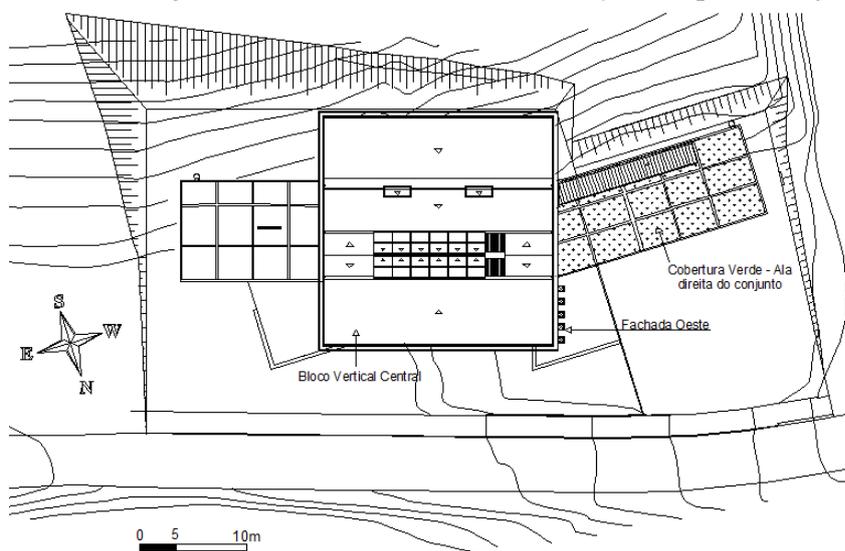


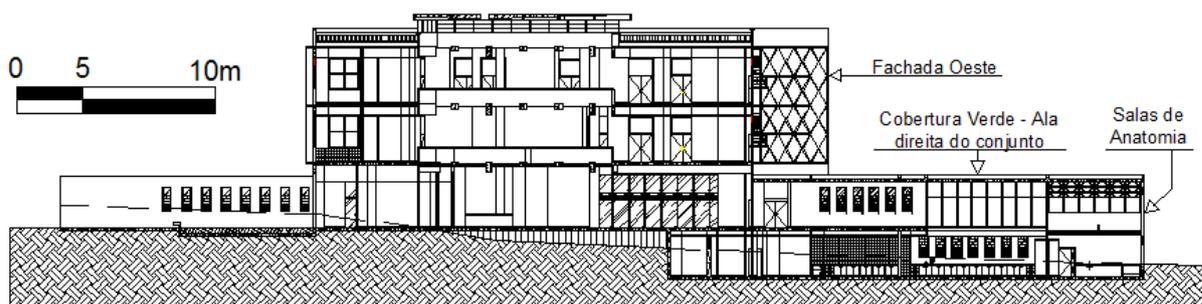
Figura 2 - Implantação do prédio

A implantação do edifício, que se deu numa encosta suave, seguiu o contorno das curvas de nível, obtendo orientação longitudinal leste-oeste. Isto implicou que, na ala em que seria implantada a cobertura verde de 289 m<sup>2</sup>, a insolação ocorreria durante o período vespertino, ao decorrer de todo o ano (Figura 2).

Sabendo-se, pela na análise do leiaute do edifício, que os ambientes existentes abaixo da cobertura verde possuiriam expressiva sensibilidade ao calor – como no caso das salas de anatomia humana equipadas com câmaras frias – decidiu-se trabalhar todo o sistema dentro do conceito inicial de barreira térmica, visando possibilitar uma maior eficiência energética ao edifício.

Em situações em que se exige um rígido controle da temperatura ambiental interna, o benefício térmico das coberturas verdes é muito ampliado, pois intercepta a esfera econômica do empreendimento. Esta idéia, utilizada neste projeto, é apoiada por Liu (2004), que em estudos realizados no Canadá descobriu que uma cobertura verde de caráter extensivo reduz em até 75 % os gastos energéticos com o condicionamento térmico de uma edificação, aumentando a sua eficiência energética.

Conceitualmente, as coberturas verdes também trazem consigo um forte apelo estético. Por causa disto, foi avaliado o nível de visibilidade que o sistema ofereceria, para definir-se como seria trabalhado o aspecto estético do projeto. O principal ângulo de visão da cobertura verde foi encontrado pela face oeste do bloco vertical do edifício. Não obstante, devido à forte insolação a que esta fachada estaria sujeita, não existiam ali muitas aberturas, concentrando, antes, ambientes de caráter secundário ou de uso temporário, como banheiros, depósitos e a caixa de escada (Figura 3).



**Figura 3** - Corte esquemático longitudinal do prédio

Por causa desta baixa visibilidade, decidiu-se também trabalhar a cobertura verde dentro de um aspecto mais natural e biodiverso, ao invés de esteticamente formal, complementando o conceito inicial do projeto. Pelas suas características, esta cobertura verde poderia se classificar no perfil extensivo do sistema; entretanto, por causa de outros aspectos, como a espessura do substrato e o tipo de vegetação utilizada, ela acabou por se enquadrar no perfil semi-extensivo, mesclando características das tipologias extensivas e intensivas num único projeto.

## **4.2 Seleção das Plantas e Formulação do Substrato**

De acordo com Dunnett & Kingsbury (2008), a chave para a promoção da biodiversidade nas coberturas verdes se encontra no uso de estruturas vegetais diversificadas. Como exemplo disto, pode-se citar plantas reptantes, cespitosas, herbáceas, arbustivas, eretas, prostradas, escandentes, ramificadas, perenes, anuais ou floríferas. Se bem conjugadas, essas variedades de plantas criam um ambiente mais estável a fatores de estresse e permitem a formação de um ecossistema diversificado, abrigando pequenos invertebrados e pássaros.

Além disso, uma cobertura verde com diversidade de estruturas vegetais também proporciona um melhor cobrimento do substrato, conseqüentemente melhorando o seu sombreamento, e o aprisionamento de bolsas de ar entre a folhagem, que contribuem para a capacidade de isolamento térmico do sistema. Até mesmo o aspecto visual da cobertura verde é beneficiado, pois se torna possível a presença de fatores como floradas em épocas variadas (DEL BARRIO, 1997; DUNNETT & KINGSBURY, 2008).

Tendo isto em vista, e sabendo que Viçosa possui uma estação seca muito prolongada, coincidente com os meses de junho, julho e agosto (SANTOS, LEAL & SILVA, 2000), a seleção de plantas para a cobertura verde em questão foi elaborado de forma a proporcionar uma grande diversidade de estruturas vegetais, agregada a uma expressiva resistência à seca e baixa taxa de manutenção (irrigação, adubação e podas) para reforçar o caráter natural do sistema.

A TABELA 1 expõe as espécies vegetais selecionadas para o projeto. Na seleção destas plantas, houve uma grande preocupação com a profundidade e agressividade das raízes, fator especialmente problemático nas coberturas verdes devido ao risco de danos à impermeabilização e à estrutura de suporte. Assim, optou-se pelo uso das espécies com raízes mais superficiais e, preferencialmente, nativas.

**Tabela 1** - Seleção de plantas para a cobertura verde.

Nome Científico	Nome Popular	Área de Inserção (m <sup>2</sup> )	Espaçamento entre mudas (cm)	Mudas/m <sup>2</sup>	Total de Mudanças
<i>Arachis repens</i>	Grama amendoim	38,38	20 x 20	25	960
<i>Indigofera campestris</i>	Anil de gramado	41,56	20 x 20	25	1039
<i>Evolvulus pusillus</i>	Gota de orvalho	75,83	20 x 20	25	1896
<i>Lampranthus productus</i>	Cacto margarida	12,61	20 x 20	25	315
<i>Aptenia cordifolia</i>	Rosinha de Sol	18,96	15 x 15	45	853
<i>Eragrostis curvula</i>	Capim chorão	18,72	30 x 30	11	104
<i>Pennisetum setaceum</i>	Grama do texas				104
<i>Russelia equisetiformis</i>	Russélia	3,35	50	-	13
<i>Tulbaghia violacea</i>	Alho social	7,85	15 x 15	45	353
<i>Yuca filamentosa</i>	luca Mansa	8,00	50 x 50	4	32
<i>Aloe arborescens</i>	Aloe	8,48	50 x 50	4	34
<i>Aloe vera</i>	Babosa	5,90	50 x 50	4	24
<i>Sansevieria trifasciata</i>	Espada de São Jorge	2,90	20 x 20	25	73
<i>Sansevieria trifasciata 'Hahnii'</i>	Espadinha	7,00	15 x 15	45	315
<i>Jatropha podagrica</i>	Batata do inferno	4,50	30 x 30	11	50
<i>Celosia cristata</i>	Crista de galo				178
<i>Gomphrena globosa</i>	Perpétua	7,13	10 x 10	100	178
<i>Coreopsis grandiflora</i>	Camomila				178
<i>Portulaca grandiflora</i>	Beldroega				178
<i>Saponaria officinalis</i>	Erva sabão	7,87	20 x 20	25	197
<i>Echeveria glauca</i>	Rosa de pedra azul	2,20	15 x 15	45	100

Em relação ao substrato das coberturas verdes, Brenneisen (2006) afirma que os fatores mais importantes para reforçar a biodiversidade são as variações de espessura – que dá suporte a uma maior

extensão de estruturas vegetais – e a composição a partir solos locais, nos quais as plantas conseguem se adaptar mais facilmente.

Foram estas duas concepções que guiaram a formulação do substrato para a cobertura verde – a composição com solos e insumos locais, e a presença de variações no seu nível. Outros fatores ainda especificados foram a porosidade superior a 15 %, e um baixo teor de matéria orgânica. Isto porque, as plantas que apresentam maior resistência à seca (como neste caso), normalmente não conseguem lidar com um substrato prolongadamente saturado. Da mesma forma, um alto teor de matéria orgânica no sistema favoreceria o estabelecimento de plantas daninhas, e uma excessiva retenção de água, aumentando a fragilidade das plantas à seca, e causando uma maior instabilidade dimensional do substrato (SNODGRASS & SNODGRASS, 2006).

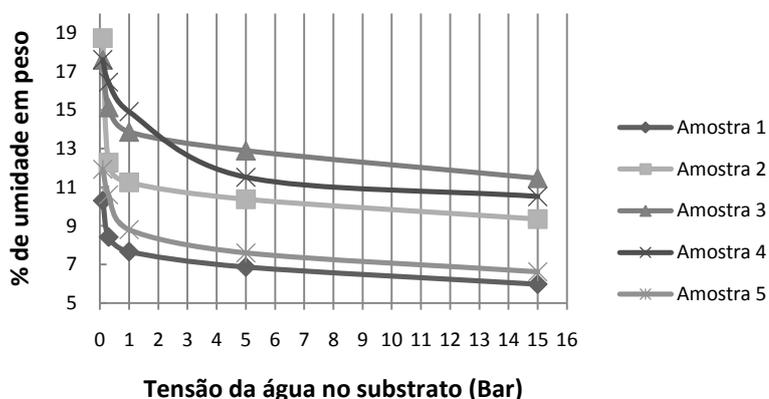
Assim, formularam-se cinco composições possíveis de substrato (Tabela 2), que, após terem as propriedades físicas analisadas em laboratório, foram selecionados de acordo com a conveniência de se evitarem sobrecargas à estrutura do edifício (as lajes de implantação da cobertura verde estavam dimensionadas para a carga máxima de 340 kg/m<sup>2</sup>).

Os materiais base para a composição do substrato foram: areia; argila expandida; latossolo local; composto organo-mineral. Neste esquema geral, a areia e argila expandida foram selecionados como elementos inertes capazes de melhorar a porosidade do sistema, enquanto que o latossolo e o composto organo-mineral, como base de crescimento e fonte de nutrientes para as plantas.

Ao fim, optou-se por utilizar a Amostra 4 como substrato definitivo, já que possuía baixa densidade aparente (0,83 g/cm<sup>3</sup>), e uma boa porosidade (Tabela 2 e Gráfico 1). O teor de matéria orgânica do substrato também foi satisfatório, ficando abaixo de 30% do volume, quantidade considerada adequada para coberturas verdes extensivas e semi-extensivas.

**Tabela 2** - Amostras de substrato analisadas

	AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	AMOSTRA 3	AMOSTRA 4	AMOSTRA 5
<b>COMPOSIÇÃO</b>	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia
	Argila Expandida	Argila Expandida	Argila Expandida	Composto Organo-mineral	Composto Organo-mineral
	Composto Organo-mineral	Composto Organo-mineral	Composto Organo-mineral	Latossolo	-
	-	-	Latossolo	-	-
<b>TRAÇO</b>	2:1:1	1:1:1	1:1:1:1	2:2:1	1:1
<b>DENSIDADE APARENTE (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,03	0,86	0,79	0,83	0,89



**Gráfico 1** - Curva de retenção de água nas amostras

Para proporcionar as variações de nível no substrato, sem impor um alto carregamento estrutural sobre a laje, optou-se por criar, na base do sistema, um colchão extremamente leve e poroso de argila

expandida, recebendo o substrato logo acima. Estas duas camadas foram separadas entre si por uma manta geotêxtil, a fim de evitar a sua colmatação. Neste caso a argila expandida emoldurou o relevo, variando o seu nível de 20 a 45 cm, enquanto a camada de substrato acima manteve sua profundidade constante em 20 cm para atender às necessidades das plantas.

A argila expandida é um material com propriedades convenientes às coberturas verdes, pois absorve até 35 % de seu próprio volume em água, liberando-a posteriormente de forma gradual para as plantas (Figura 4). De acordo com Dunnet & Kingsbury (2008), essa forma de uso da argila expandida nas coberturas verdes é muito benéfica. Além de melhorar a drenagem e reduzir o peso do sistema – que ficou entre 226 e 300 kg/m<sup>2</sup> – o colchão de argila expandida cria um espaço extra para a penetração das raízes, conformando um ambiente aerado muito hospitaleiro ao seu desenvolvimento, pois as condições de temperatura e umidade são mais estáveis que nas porções superiores do substrato.

Além disso, a união de um substrato poroso com um colchão de argila expandida que mantém muito ar confinado, foi concebida como uma estratégia para aumentar o isolamento térmico da cobertura verde, reduzindo assim o fluxo de calor que adentra a edificação nos meses mais quentes do ano.

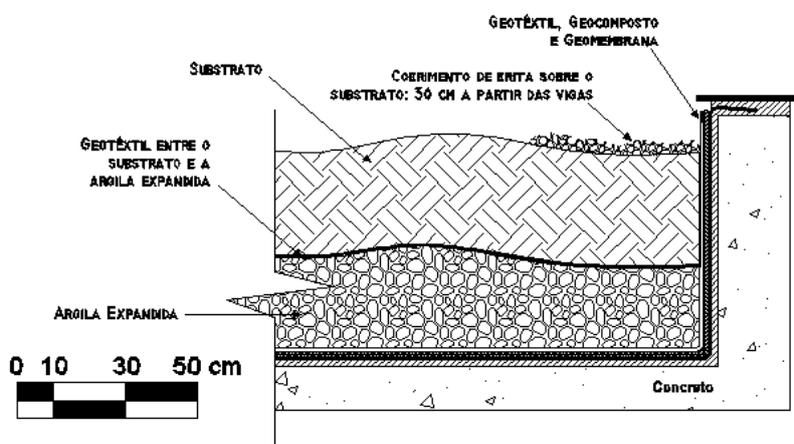


Figura 4 - Perfil da cobertura verde  
Fonte: desenho elaborado pelo autor

### 4.3 Determinação de outros aspectos técnicos da cobertura verde

Nas coberturas verdes é sempre necessário que haja uma forma de proteger o edifício contra a penetração e os danos causados pela água e pelo sistema radicular das plantas. Da mesma forma, é importante que exista algum mecanismo de retirada do excesso de água que se acumula nos componentes da cobertura verde, especialmente no substrato.

Esta demanda normalmente se traduz no surgimento de uma camada para a impermeabilização da estrutura de suporte, seguida de um sistema para a drenagem da água. Também podem surgir camadas de proteção mecânica da impermeabilização, e uma barreira para raízes. Existe uma grande variedade de produtos que atendem a essas finalidades no mercado europeu. Entretanto, no Brasil ainda não existem muitos produtos disponibilizados especificamente para as coberturas verdes, implicando na busca e adaptação de outros produtos para atender às características desejadas para o sistema.

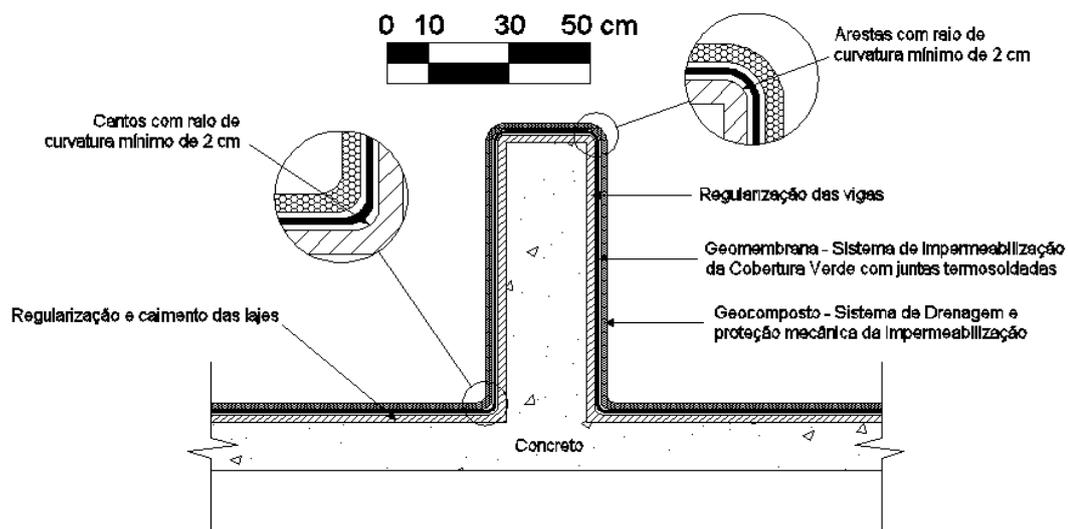
No caso desta cobertura verde, foi especificado o uso da geomembrana (membrana de polietileno virgem de alta densidade) como sistema impermeabilizante, e do geocomposto para a drenagem do excesso de água. Apesar de estes não serem produtos disponíveis na cidade de Viçosa, optou-se pelo seu uso devido ao porte do projeto e às vantagens que proporcionam.

A geomembrana é material naturalmente resistente ao puncionamento, ao rasgo, e à degradação provocada por agentes bioquímicos e raios ultravioletas do sol. Por causa disto, ela elimina a necessidade de outras camadas de proteção mecânica (como a barreira para raízes), barateando o projeto e reduzindo o peso da cobertura verde. As suas junções são termo-soldadas, e neste caso ela foi especificada para ser instalada continuamente através cobertura verde, estendendo-se pelas lajes e

contornando as vigas invertidas (Figura 5).

Da mesma forma, o geocomposto drenante, disponibilizado em rolos, também se estenderá continuamente pela cobertura verde. Formado por um núcleo tridimensional de filamentos de polipropileno, o geocomposto possui enorme capacidade de vazão (similar a uma camada de brita de 22 cm), com um peso e espessura muito reduzidos (581 g/m<sup>2</sup> e 12,56 mm).

Além disso, o uso do geocomposto no sistema foi especificado como uma forma extra de proteção mecânica da geomembrana, já que possui certa resistência à penetração das raízes, e forma uma superfície macia sobre a impermeabilização. As recomendações feitas para a instalação da geomembrana e do geocomposto na cobertura verde foram: **a)** regularização e desempenho da base de apoio com argamassa de cimento e areia, no traço 1:3; **b)** declividade das lajes de 2,0 % em direção aos pontos de drenagem; **c)** aplicação da geomembrana com a superfície limpa, seca e isenta de partículas de qualquer natureza; **d)** abaulamento de arestas, utilizando raio de curvatura de 2 cm (Figura 5).



**Figura 5** - Regularização da base, impermeabilização e sistema de drenagem

Fonte: desenho elaborado pelo autor

Em relação à disposição do meio de crescimento sobre o geocomposto, especificou-se, primeiramente, que a argila expandida seria assentada em uma camada uniforme por toda a cobertura verde, até o nível mínimo de seu perfil (20 cm). Logo em seguida, o substrato seria assentado sobre a argila expandida nos locais onde o relevo do sistema possuísse as menores cotas. Em seguida, se encheria mais uma camada de argila expandida e de substrato nas cotas seguintes, de forma que as camadas inferiores evitassem que as superiores se desestabilizassem.

Nos locais da cobertura verde onde as vigas invertidas ficariam aparentes, optou-se por um tratamento paisagístico que as integrassem ao perfil natural do projeto. Para isto, foram utilizados elementos como rochas, troncos de madeira e pedriscos que, dispostos junto às vigas, pudessem torná-las elementos harmoniosos no sistema.

## 5 CONCLUSÕES

Através do estudo de caso analisado neste artigo, conclui-se que o projeto de coberturas verdes semi-extensivas mostra-se compatível à realidade tropical brasileira, oferecendo a possibilidade de se obter conforto térmico passivo no interior dos edifícios.

A seleção de plantas para o projeto não se mostrou uma tarefa difícil, pois o Brasil é um país de tal biodiversidade que facilmente se encontram aqui espécies vegetais aptas a comporem sistemas de cobertura verde; apesar disto, faltam estudos que busquem e selecionem espécies vegetais nativas para uso no sistema, destacando ainda o potencial que os biomas cerrado e caatinga possuem neste âmbito.

Em relação aos substratos para coberturas verdes, percebe-se existir uma boa flexibilidade para novas formulações que utilizem insumos disponíveis localmente. No projeto analisado, o substrato formulado a partir de areia, composto organo-mineral e latossolo (insumos locais), atendeu às necessidades do sistema e evitou custos adicionais com o transporte de produtos.

Apesar dos sistemas de coberturas verdes convencionais apresentarem diversas camadas, no presente sistema foi possível suplantá-las algumas delas através do uso de materiais que cumprissem mais de uma função. Isto mostra como esta tecnologia possui ótima capacidade de reinterpretação e adaptabilidade a diferentes situações. Entretanto, são também necessários estudos que quantifiquem a extensão dos benefícios ambientais e econômicos do sistema na realidade do Brasil.

Da mesma forma, existe uma carência, no Brasil, de fornecedores especializados em produtos para os componentes das coberturas verdes; esta carência, junto à grande flexibilidade que o sistema possui, mostra o amplo campo de inovação e criatividade que existe para arquitetos, engenheiros e paisagistas em relação ao projeto e desenvolvimento de novos produtos para as coberturas verdes.

## 6 REFERÊNCIAS

AYRES, M.C.; TARGA, L.A.; PEIXOTO, P.P. (2005). Influência do sombreamento natural da sibipiruna (*Caesalpinia peltrophoroides*) na temperatura de edificações. *Energ. Agric* , 20(1), pp. 62-76.

BRENNEISEN, S. (Dezembro de 2006). Space for Urban Wildlife: Designing Green Roofs as Habitats in Switzerland. *URBAN HABITATS, VOLUME 4, NUMBER 1* , pp. 27-36.

DEL BARRIO, E. P. (13 de Maio de 1997). Analysis of the green roofs cooling potential in buildings. *Elsevier Science* , pp. 179-193.

DUNNETT, N.; KINGSBURY, N. (2008). *Planting green roofs and living walls*. Portland: Timber Press.

HARVEY, D. (2004). *Condição Pós-Moderna: Uma Pesquisa sobre as Origens da Mudança Cultural*. São Paulo: Loyola.

LIU, K. (4-5 de Novembro de 2004). Sustainable building envelope – garden roof system performance. In: *2004 IRC BUILDING ENVELOPE SYMPOSIUM*. New Orleans, Louisiana, USA.

MENTENS, J.; RAES, D.; HERMY, M. (22 de Fevereiro de 2005). Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? *Elsevier Science* , pp. 217-226.

OBERNDORFER, E., LUNDHOLM, J., BASS, B., COFFMAN, R. R., DOSHI, H., DUNNETT, N., et al. (novembro de 2007). Green roof as urban ecosystems: ecological structures, functions, and services. *BioScience* , 57 (10), pp. 823-833.

SANTOS, S.M.; LEAL, L.M.; SILVA, M.M. (2000). Caracterização de estação seca e chuvosa para a cidade de Viçosa-MG. In: *XI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA* . Rio de Janeiro.

SHAMS, J.C., GIACOMELI, D.C., & SUCOMINE, N.M. (28 de Dezembro de 2009). Emprego da arborização na melhoria do conforto térmico nos espaços livres públicos. *Soc. Bras. de Arborização Urbana - REVSBAU* , pp. 1-16.

SNODGRASS, E. C., & SNODGRASS, L. L. (2006). *Green Roof Plants*. Portland: Timber Press, Inc.

SPANGENBERG, J. (Fevereiro de 2008). Retroinvenção: Enverdecimento Urbano - Uma antítese ao aquecimento. *ARQUITETURA&URBANISMO* , 56-59.

WINES, J. (2008). *Green Architecture*. Los Angeles: Taschen GmbH.

## 7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG e à PRÓ-REITORIA DE ADMINISTRAÇÃO da Universidade Federal de Viçosa.