

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Arquitetura

Marília Israel de Azevedo Borges

**DESENHO URBANO SENSÍVEL À ÁGUA: PADRÕES E EXEMPLOS DE  
APLICAÇÃO PARA ÁREAS VULNERÁVEIS ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM  
BELO HORIZONTE, BRASIL**

Belo Horizonte  
2018

Marília Israel de Azevedo Borges

**DESENHO URBANO SENSÍVEL À ÁGUA: PADRÕES E EXEMPLOS DE  
APLICAÇÃO PARA ÁREAS VULNERÁVEIS ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM  
BELO HORIZONTE, BRASIL**

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído.

Orientadora: Eleonora Sad de Assis

Belo Horizonte  
2018

## **RESUMO**

Com crescimento desordenado, as cidades cada vez mais adensadas se tornam mais vulneráveis às ameaças climáticas. As alterações causadas nos ciclos naturais são perceptíveis e a alteração do ciclo natural da água ocorre, basicamente, pela mudança da superfície natural que, agora impermeabilizada, tem redução na infiltração, aumento no escoamento superficial e redução na evapotranspiração. O conceito de Desenho Urbano Sensível a Água (WSUD) tem sido desenvolvido buscando integrar a gestão do ciclo da água ao desenvolvimento das cidades, tendo em vista a melhoria da qualidade físico-ambiental. Esta pesquisa tem como objetivo analisar o estado da arte, através da organização de casos de aplicação que contenham diretrizes e padrões de WSUD buscando refletir quais destes princípios poderiam ser aplicados nas áreas mais vulneráveis às mudanças climáticas no município de Belo Horizonte, visando ao aumento da resiliência climática destes bairros.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desenho urbano sensível a água. Cidades resiliêntes. Vulnerabilidade climática.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	4
1.1 Desenho Urbano Sensível a Água .....	6
1.2 A cidade de Belo Horizonte e as mudanças climáticas .....	7
2 METODOLOGIA.....	11
2.1 Descrição dos princípios considerados na seleção dos casos .....	12
2.1.1 Sensibilidade a água .....	12
2.1.2 Estética .....	13
2.1.3 Funcionalidade .....	13
2.1.4 Usabilidade .....	14
2.1.5 Percepção e aceitação pública .....	14
2.1.6 Plano integrado .....	15
3 RESULTADOS .....	16
3.1 Escala Macro: .....	16
3.1.1 Horta comunitária – Sete Lagoas, Minas Gerais (Calbino et al., 2018).....	16
3.1.2 From Grey to Green – Portland, EUA (HOYER, et al, 2011).....	17
3.1.3 Williamsburg New Town - Williamsburg, EUA (RUANO, 1999).....	18
3.1.4 Aplicação às áreas vulneráveis de Belo Horizonte.....	18
3.2 Escala Media.....	20
3.2.1 Tanner Spring Park - Portland, EUA (Hoyer, 2011) .....	20
3.2.2 Bairro Vauban - Freiburg, Alemanha (MOURA, 2010) .....	21
3.2.3 Waterplein Square Benthemplein, Rotterdam, Holanda (URBANISTEN, 2013) .....	22
3.2.4 Aplicação às áreas vulneráveis de Belo Horizonte.....	23
3.3 Escala Micro .....	24
3.3.1 BedZED, Londres, Reino Unido (TWINN, 2003) .....	24
3.3.2 Hoyt Apartments - Portland, EUA (HOYER, et al, 2011) .....	25
3.3.3 Av. Carlos Luz, Belo Horizonte, Brasil (SILVA, <i>et al</i> , 2010).....	26
3.3.4 Aplicação às áreas vulneráveis de Belo Horizonte.....	27
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	30
5 REFERÊNCIAS .....	31

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento de eventos extremos associados a mudanças climáticas, tais como ondas de calor, secas e tempestades, tem sido um dos principais desafios ambientais do século XXI. As cidades, cada vez mais adensadas, tendem a ser ambientes muito vulneráveis a essas ameaças. A urbanização, por si só, já é um fator de agravamento em relação às mudanças climáticas, já que se trata de uma das formas mais agressivas de alteração do ambiente natural, em todos os seus estratos (atmosfera, superfície e solo).

Ruano (2000) observa que os modelos de cidade, desde a antiguidade, têm se baseado na extração de recursos naturais do ambiente e devolução de materiais e efluentes em forma de resíduos, poluindo o ar, as águas superficiais e o solo, além do desmatamento. Enquanto as comunidades, antigamente, eram organizadas em pequenas, não havia grande impacto no entorno das ocupações antrópicas. Entretanto, com o crescimento sem precedentes da população humana e o aumento dos índices de urbanização, os impactos causados pelas transformações ambientais passaram a ser mais drásticos.

As alterações causadas pela ocupação acelerada e desordenada, principalmente em países em desenvolvimento, provocam alterações nos balanços energético e hídrico locais, induzindo a efeitos adversos variados.

Dos ciclos naturais que sofrem modificações com o processo de urbanização, destaca-se o da água, devido à crescente impermeabilização das superfícies urbanas. A redução da infiltração das águas das chuvas, pelo aumento da velocidade e do volume do escoamento superficial, diminui a evapotranspiração (Tucci, 1997), como apresentado na figura 1, contribuindo para a formação de ilhas de calor urbanas, inundações, erosão e deslizamentos de terra (Tucci, 2005).

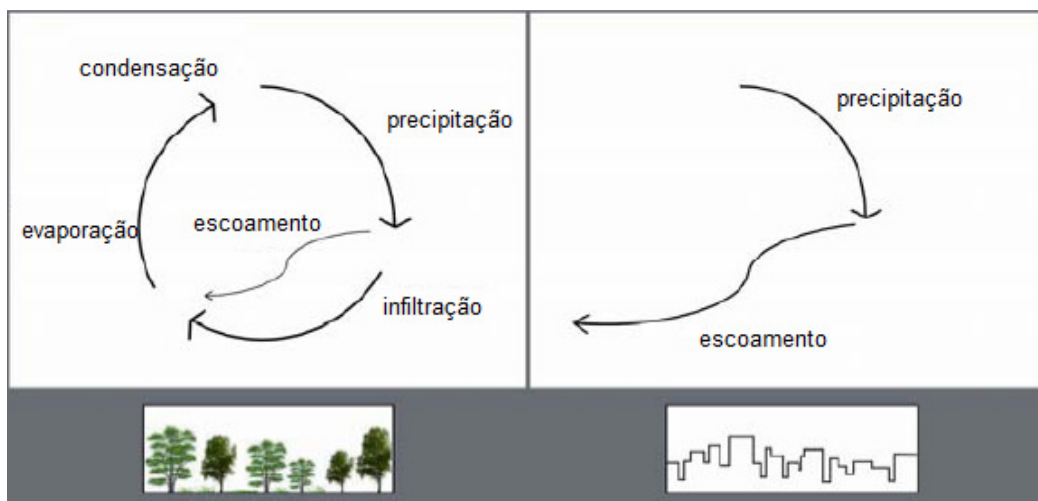


Fig. 1 Caracterização do ciclo da água em meio natural e urbano com alto grau de impermeabilização do solo (Hoyer *et al.*, 2011).

Segundo Ruano (2000) e Silva 2010, um dos grandes problemas do urbanismo convencional é a contemplação única de duas categorias de água: a água potável e a água residual. Deste ponto de vista, os urbanistas só se preocupariam com a evacuação de águas residuais e com achar fontes de abastecimento de água potável para consumo. Além disso, neste tipo de abordagem parece haver apenas uma pequena preocupação com a drenagem de águas pluviais, em caso de ocorrência de tempestades. Ao contrário, para uma ocupação mais sustentável, deve-se preocupar em otimizar o ciclo da água no tecido urbano. Assim, toda a água, independente de sua origem, é usada como recurso.

Neste contexto, a perspectiva do chamado urbanismo bioclimático, conceituado por Higuera (2006), visa à criação de estratégias de planejamento urbano baseados na observação e reinserção dos ciclos naturais no desenho urbano, objetivando-se melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, a segurança e a adaptação da ocupação urbana ao clima local. Para Rogers (2000), a cidade deve ser vista como sistemas de mecanismo circular, que visa a minimização de entrada de recursos, implantação de eficiências que auxiliam na maximização da reciclagem e, conseqüentemente, diminui as saídas ou resíduos gerados pelo sistema. Desta forma, cada situação geográfica deve gerar um urbanismo característico e local, partindo da individualidade de cada sítio e sua população (CREA-MG, 2009).

## 1.1 Desenho Urbano Sensível a Água

O conceito de Desenho Urbano Sensível à Água (*Water Sensitive Urban Design - WSUD*) apresenta-se como uma perspectiva de integração do ciclo natural da água ao desenvolvimento urbano, como considerado pelo Código Geral *Water Sensitive Urban Design* (WSUD) da Austrália, desenvolvido em 2009 (WSUD Australian Code, 2009). O principal objetivo deste conceito é englobar a água em todas as suas formas no desenho urbano, incluindo, águas de chuvas, águas negras e cinzas e água potável.

É fundamental que haja a integração do gerenciamento de águas urbanas no processo de desenvolvimento do Desenho Urbano e que o planejamento de captação de águas pluviais seja feito de forma descentralizada. Para que isso ocorra alguns princípios iniciais devem ser aplicados aos projetos de desenvolvimento urbano, entre eles estão: gestão integrada de captação de água; proteção da integridade ecológica e hidrológica; integração da comunidade nas tomadas de decisão; gerenciamento de águas pluviais o mais próximo da fonte; divisão justa de custos (WSUD Australian Code, 2009).

O WSUD oferece muitos benefícios à comunidade e ao ambiente, além de poder ser empregado com um bom custo-benefício em novos desenvolvimentos ou através de *retrofitting* em outros. Além disso, o ciclo da água integrado ao desenho urbano e mostrado de forma evidente para os moradores, pode gerar benefícios sociais, econômicos e ambientais a longo prazo.

Algumas estratégias de aplicação são destacadas pelo WSUD (WSUD Australian Code, 2009):

- Minimização da interrupção das vias de drenagem naturais (cursos d'água naturais e nascentes por exemplo);
- Aumento das áreas permeáveis intra desenho urbano;
- Uso de valas de vegetação, lagoas de captação de água e zonas úmidas para que haja diminuição de canalização e canais alinhados;
- Compensação de impactos de desenvolvimento (como criação de tanques de captação de água pluvial por exemplo);
- Minimização da velocidade do escoamento superficial através de estratégias de paisagismo;
- Coleta e armazenamento de água de chuva para uso individual das edificações;

- Tratamento de águas cinzas para uso em fins não potáveis.

É necessário que seja feita a seleção de diretrizes potenciais de forma individualizada em cada local de aplicação, com o objetivo de diminuir os impactos causados pelo processo de urbanização, como inundações e períodos de estiagem, e para que o ciclo da água seja reinserido no meio urbano, proporcionando a transformação de parte do descarte em uma nova forma de uso.

O presente trabalho tem como objetivo analisar brevemente o estado da arte e identificar casos de aplicação que contenham diretrizes e padrões do desenho urbano sensível à água, buscando refletir quais destes princípios poderiam ser aplicados às áreas mais vulneráveis às mudanças climáticas no município de Belo Horizonte, visando ao aumento da resiliência climática dessas áreas.

## 1.2 A cidade de Belo Horizonte e as mudanças climáticas

Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, está localizada a 19°48'57" de latitude sul e a 43°57'15" de longitude oeste, a uma altitude média de 852m (figura 2). É a terceira maior região metropolitana brasileira, ficando atrás apenas de São Paulo e do Rio de Janeiro. A população do município era estimada em pouco mais de 2,5 milhões de habitantes em 2017 (IBGE, 2017), sendo o município mais populoso do estado e o 6º mais populoso do Brasil, de acordo com o mesmo Instituto.

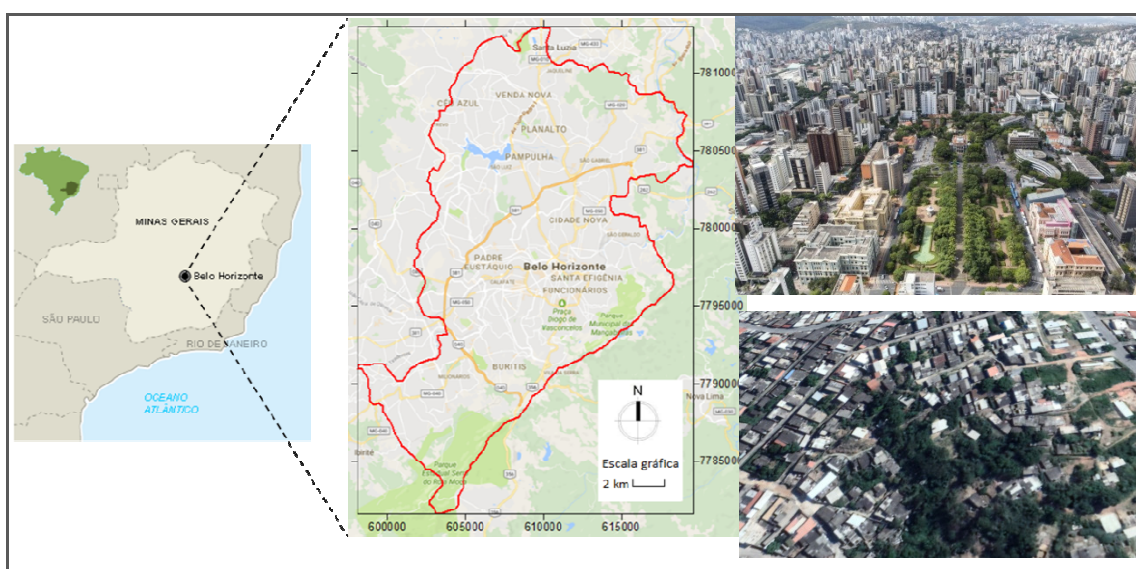


Fig. 2 Localização do município de Belo Horizonte e panoramas da cidade. Fotos: acima, vista da região centro-sul do município; abaixo, vista de um bairro periférico a partir do Google Earth© 2018.



Em condições naturais a cidade de Belo Horizonte apresenta um déficit hídrico dos meses de maio a setembro e há excedente hídrico, que é a água escoada não armazenada pelo solo, dos meses de outubro a abril, segundo o cálculo de balanço hídrico feito a partir do nomograma de Thornthwaite-Camargo (Tubelis; Nascimento, 1988) e utilizando as normais do INMET de temperatura do ar e precipitações para Belo Horizonte de 1961-1990. Com a maior parte do solo impermeabilizada, é provável que haja aumento do déficit e do excedente hídrico local, aumentando também o volume e velocidade do escoamento superficial e as chances de enchentes nos períodos de chuva. Outra consequência da falta de permeabilidade do solo é a falta de reabastecimento dos mananciais subterrâneos, ampliando a chance de aumento dos períodos de estiagem, ocasionando em situações mais graves a falta de abastecimento de água potável da população.

Situada em uma região de clima tropical de altitude, Belo Horizonte vem apresentando uma tendência de aumento das temperaturas médias mínimas desde a década de 1940, principalmente durante o inverno (Ribeiro e Mól, 1985). Assis (1990) mostrou, entretanto, que há uma variação espacial nessa tendência, associada, de modo geral, à presença ou não de massas de vegetação de porte arbóreo e/ou de grandes corpos d'água superficiais.

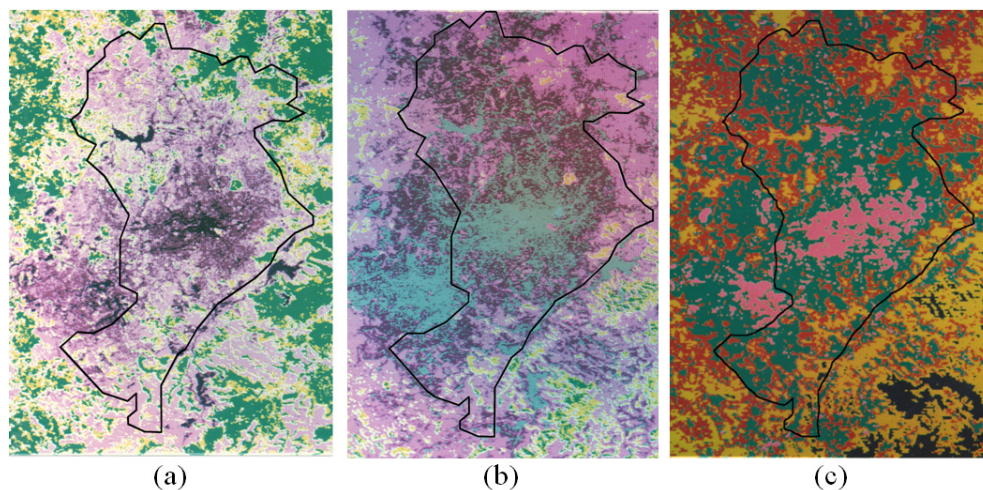


Fig. 3 Imagens classificadas de Belo Horizonte no período de verão (a e c) e de inverno (b). Fonte: Assis, 1990.

A figura 3 mostra a relação entre as áreas mais arborizadas e/ou úmidas da cidade com a temperatura superficial. Foram selecionadas imagens do satélite LANDSAT estatisticamente representativas dos períodos típicos de verão (chuvoso) e de inverno

(seco) de Belo Horizonte, em dias de céu claro (Assis, 1990). As imagens classificadas a partir da combinação dos canais 3 e 4 formam o mapa do índice de vegetação no período típico de verão (fig. 3a) e de inverno (fig. 3b). As áreas de maior densidade de vegetação aparecem em verde e amarelo, enquanto aquelas sem nenhuma vegetação aparecem em tons escuros de rosa até o cinza/preto. Pode-se observar que as áreas que possuem menos vegetação e/ou corpos d'água são, na figura 3c (canal termal do mesmo satélite), aquelas que alcançam as maiores temperaturas superficiais (em rosa).

Em 2016, a Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte desenvolveu, em parceria com a empresa WayCarbon, um estudo sobre a vulnerabilidade do município às mudanças climáticas (WayCarbon, 2016). Nesse estudo, foram apontadas as 12 áreas mais vulneráveis, considerando como aspectos de vulnerabilidade associados às mudanças climáticas: a expansão das áreas de disseminação de vetores causadores de doenças tropicais, como a dengue; a maior frequência de ocorrência de ondas de calor, de deslizamentos provocados por chuvas fortes e de inundações. A figura 4 mostra o resultado integrado de todos esses aspectos, bem como a projeção para 2030. As áreas identificadas correspondem, também, às mais pobres da cidade, com os lotes regulares em grande parte impermeabilizados pelo adensamento construtivo, ausência de arborização ou áreas verdes residuais, em processo de invasão e favelização, como na foto de baixo da figura 2.

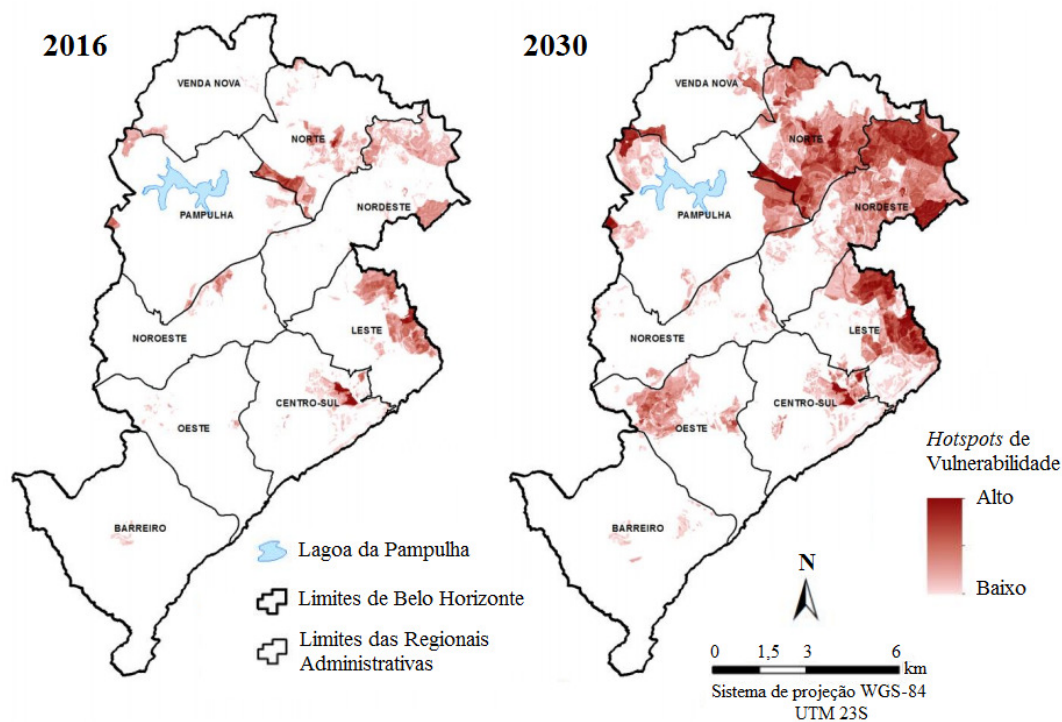


Fig. 4 *Hotspots* de vulnerabilidade às mudanças climáticas no município de Belo Horizonte, em 2016 e 2030, com base na simulação climática para o cenário RCP 8.5 do IPCC. Fonte: modificado de WayCarbon, 2016.

De acordo com Wilson (2011), pesquisas em vários estados americanos mostram que a satisfação das pessoas com seu bairro e até o desenvolvimento intelectual das crianças melhoram quando há acesso à vegetação, enquanto baixos índices de vegetação estão correlacionados com a maior ocorrência de violência na vizinhança e de problemas de saúde associados à poluição do ar e ao aumento de temperatura (aumento dos casos de asma e da taxa de mortalidade). Essas pesquisas também associaram a maior presença de áreas verdes em regiões urbanas de maior poder aquisitivo, educação e saúde nas cidades americanas, evidenciando a relação entre as desigualdades sociais e os problemas ambientais, tal como no caso de Belo Horizonte.

## 2 METODOLOGIA

Afim de caracterizar o estado da arte, o trabalho foi desenvolvido metodologicamente através de revisão de bibliografia, manuais, monografias e artigos técnicos que foram selecionados por sua relevância pela busca de palavras-chave.

Os casos de aplicação analisados foram escolhidos por sua relevância perante os documentos utilizados para a definição do que seriam os princípios para aplicação do desenho urbano para o ciclo da água, indicados e descritos abaixo. Para tanto, dois documentos foram primordiais e balizaram essa pesquisa: o Manual da UNESCO de “desenho urbano sensível à água” (HOYER, 2011) e o Código Geral Australiano de Desenho Urbano Sensível a Água (WSUD Australian Code, 2009). Ainda, colaborando para o esclarecimento das possibilidades de aplicação das iniciativas aqui descritas, os casos analisados foram separados segundo três possíveis escalas de implantação, definidas aqui por Andrade *et al.* (2016):

- Escala Macro: Padrões globais que definem a paisagem e a heterogeneidade espacial dos ecossistemas;
- Escala Média: Padrões globais que definem a comunidade, bairros e agrupamentos de edificações;
- Escala Micro: Padrões locais para agrupamento de edificações ou edificação no lote.

Depois, foram levantados casos exemplares, em diferentes locais, sob a condição de conter a aplicação das estratégias escolhidas para sua representação e exemplificação de forma a responder as vulnerabilidades as mudanças climáticas na cidade de Belo Horizonte, dengue, ilhas de calor, deslizamento e inundações. Os casos serão apresentados através de ficha técnica contendo informações sobre o tipo de projeto, a sua localização, o contexto do projeto e as perspectivas de aplicação às áreas vulneráveis de Belo Horizonte.

A tabela 01 a seguir classifica os casos que serão analisados de acordo com a escala de apresentação.

**Tabela 01**

<b>MACRO</b>	Horta comunitária – Sete Lagoas, Minas Gerais(CALBINO <i>et al.</i> , 2018)
	From grey to green - Portland, USA (HOYER, <i>et al.</i> , 2011)
	Williamsburg New Town - Williamsburg, USA (RUANO, 1999)
<b>MÉDIO</b>	Tanner Spring Park - Portland, USA (HOYER, <i>et al.</i> , 2011)
	Bairro Vauban - Freiburg, Alemanha (MOURA, 2010)
	Waterplein Square Benthemplein, Rotterdam, Holanda (GAETE, 2016)
<b>MICRO</b>	BedZED - Londres, UK (TWINN, 2003)
	Hoyt Apartments - Portland, USA (HOYER, <i>et al.</i> , 2011)
	Av. Carlos Luz, Belo Horizonte, Brasil (SILVA, <i>et al.</i> , 2010)

Classificação dos casos analisados segundo escalas de implantação. Fonte: Elaborado pela autora, 2018

## **2.1 Descrição dos princípios considerados na seleção dos casos**

Os princípios aqui descritos tiveram como base principal para suas definições o Manual da UNESCO para “desenho urbano sensível à água” (HOYER, 2011) e o Código Geral Australiano de Desenho Urbano Sensível a Água (WSUD Australian Code, 2009).

### **2.1.1 Sensibilidade a água**

As principais características do ciclo natural da água devem ser mantidas, como aumento da permeabilidade e evaporação e diminuição do escoamento superficial.

Algumas ações que poderiam identificar esse princípio:

- Potencializar o escoamento através do paisagismo suave e o uso de superfícies permeáveis, como pavimentos porosos e drenos filtrantes;
- Usar pisos de grama e depressões rasas para fornecer armazenamento temporário para águas pluviais e facilitar a filtração de poluentes;
- Usar lagoas de equilíbrio e zonas úmidas para acomodar variações nos níveis de água, para filtrar poluentes da água e fornecer amenidades e benefícios ecológicos;
- Considerar os telhados verdes para reduzir o volume e a taxa de escoamento.

### 2.1.2 Estética

- Benefícios Estéticos - Quando o sistema de captação de água da chuva é projetado de forma visível, ele chama a atenção dos habitantes locais para como o ciclo da água funciona de acordo com as diferentes estações do ano;
- Integração da área de entorno - As soluções para gestão de águas devem estar integradas do centro ao subúrbio das cidades de forma complementar;

### 2.1.3 Funcionalidade

**Desenho apropriado** - As soluções de gestão de água devem ser projetadas de acordo com a especificidade de cada local. Devem ser considerados fatores topográficos, grau de permeabilidade do solo, nível do lençol freático e qualidade da água.

Para o atendimento a esse princípio, o Sistema de Drenagem Sustentável pode ser considerado consistindo em, por exemplo, estar integrado ao paisagismo de um empreendimento e fazer parte da rede de habitações e espaços abertos.

Além disso, esse sistema tem a propriedade de reduzir os riscos de inundações, potencializando a retenção da água.

**Manutenção apropriada** - O sistema de Gestão de Água descentralizado depende fortemente da manutenção regular do sistema que muitas vezes não é levada em consideração durante o planejamento. Isso significa que somente as soluções que podem ser mantidas a longo prazo devem ser consideradas;

**Adaptabilidade** - As soluções devem se adaptar a possíveis mudanças econômicas, climáticas e demográficas. Os sistemas devem estar adaptados de modo a enfrentar grandes períodos de secas ou gestão de tempestades;

Algumas ações que poderiam identificar esse princípio:

- Projetar espaços abertos públicos, plantio e jardins para minimizar a necessidade de rega em clima quente e seco;
- Onde praticável, projetar lagoas e zonas húmidas;
- Evitar plantas que exijam uma grande quantidade de água.

### **2.1.4 Usabilidade**

Os espaços devem ser criados de forma a serem aproveitados pela população e preservação da natureza. Áreas projetadas para infiltração e retenção de águas pluviais, são tipicamente áreas amplas, estes espaços devem ser multiuso, de forma a não ficarem inutilizados nos períodos de seca.

### **2.1.5 Percepção e aceitação pública**

**População envolvida** - As soluções devem sempre levar em consideração a demanda da população local. A oportunidade de discussão com a comunidade se torna importante para a criação de projetos flexíveis que atendam demandas individuais e coletivas.

Nesse sentido, considerando-se que as iniciativas podem e devem estar presentes nas diferentes escalas de intervenção humana, algumas ações podem ter efeito expressivo sobre a população como, por exemplo:

- Reuso com o objetivo de não usar mais água do que a obtida com as chuvas através de coleta de água de chuva para uso em rega de jardins ou descarga de vaso sanitário;
- Instalação de equipamentos para o uso eficiente da água, tais como: válvulas de redução de fluxo; torneiras de spray; sanitários de baixa descarga; chuveiros de fluxo baixo até máquinas de lavar e lava louça de alta classificação.

**Projetos economicamente viáveis** - Os projetos integrados de Desenho Urbano para o ciclo da água devem ser viáveis economicamente, de forma que os custos sejam equivalentes ou menores do que os de projetos convencionais de gestão de água.

Para isso, decisões de planejamento são muito importantes como, por exemplo, a definição de que as áreas de inundações devem sempre ser evitadas pelos empreendimentos.

Ou, ainda, com uma abordagem preventiva, deve-se garantir que os usos vulneráveis da terra, tais como habitação, hospitais, escolas, estejam localizados em áreas de menor risco de inundações.

### **2.1.6 Plano integrado**

**Demandas integradas** - É fundamental que haja sempre a integração das demandas estéticas às demandas de usabilidade;

**Plano interdisciplinar** - É necessário que o planejamento seja feito por profissionais de áreas diferentes e com diferentes representantes da população, de forma que sejam apontadas as demandas de pontos de vista diferentes;

**Impacto na percepção pública** - O planejamento deve integrar os princípios citados acima afim de interferir na percepção pública e na aceitação ao desenho urbano sensível à água.



## 3 RESULTADOS

### 3.1 Escala Macro:

#### 3.1.1 Horta comunitária – Sete Lagoas, Minas Gerais (Calbino et al., 2018)

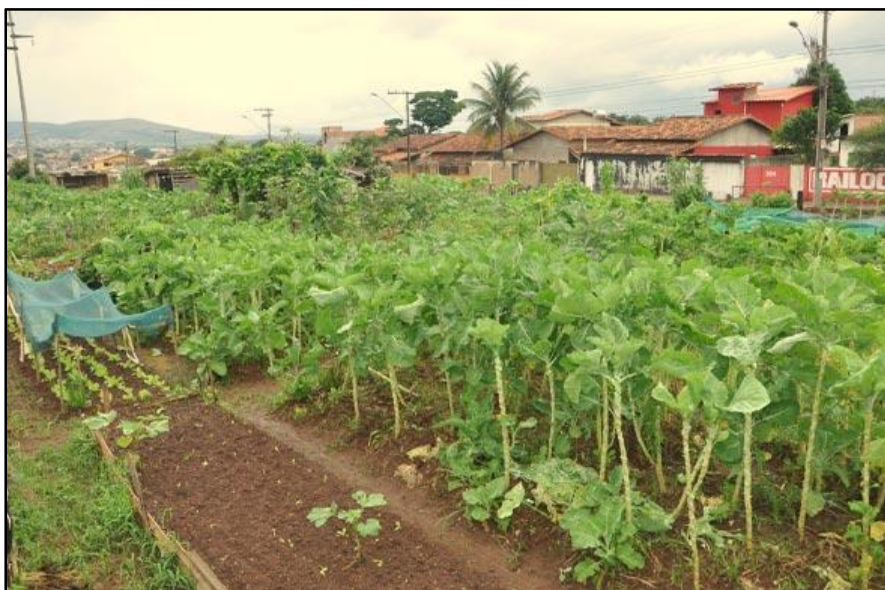


Fig. 5 Horta urbana embaixo de linha de transmissão de energia no Município de Sete Lagoas, Minas Gerais (PSL, 2015)

**Tipo de Projeto** - Horta urbana comunitária

**Localização** - Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil - 1980

**Contexto do Projeto** - As primeiras hortas comunitárias no município de Sete Lagoas surgiram no início da década de 1980 em bairros de perfil industrial, em um período de demissão em massa das fábricas locais.

Financiada pela prefeitura municipal e utilizando os terrenos embaixo das linhas de transmissão de energia da Companhia Energética de Minas Gerais, 35 famílias tiveram acesso às primeiras áreas para plantio das hortas. Após o sucesso dessa iniciativa, o programa foi expandido e hoje está em mais oito bairros, atendendo cerca de 350 famílias, que passam por um processo de admissão antes de receberem um lote de 350m<sup>2</sup> para o plantio. Muitas dessas famílias vivem hoje com a renda produzida pela venda de alimentos.

A horta tem também a função de proteger e conservar áreas vazias, que estão sujeitas a ocupações irregulares e depósitos de lixo. Além disso, mantém grandes áreas permeáveis nas cidades, criando canais de infiltração de água no solo, beneficiando o abastecimento do lençol freático.

### 3.1.2 From Grey to Green – Portland, EUA (HOYER, et al, 2011)



Fig. 6 - Jardim de captação pluvial implantado na Mt. Tabor Middle School. (© J. Hoyer, 2010)

**Tipo de Projeto** - Programa público de gestão águas pluviais descentralizadas;

**Localização** - Portland, Oregon, USA - 2008 a 2013;

**Contexto do Projeto** -A cidade de Portland, com uma população de aproximadamente 580 mil habitantes (2009), enfrentava dificuldades durante tempestades com o transbordamento de águas cinzas. Foram construídos grandes túneis, afim de aumentar a capacidade de captação e transporte de esgoto e águas pluviais. Além da solução convencional, outras soluções descentralizadas para manter a água das chuvas fora dos túneis de captação de esgoto foram implantadas. A criação de políticas públicas incentivou o aumento de áreas verdes na cidade, aumentando a infiltração de água no solo, telhados verdes com calhas de captação de água, jardins públicos de captação e uso de áreas de pântano.

O desenvolvimento do projeto de Descentralização da gestão de Águas Pluviais da cidade de Portland parte da necessidade local, e a sua solução se tornaram visível ao público que passou a entender a importância do ciclo da água no seu dia a dia.

### **3.1.3 Williamsburg New Town - Williamsburg, EUA (RUANO, 1999)**

**Tipo de Projeto** – Planejamento urbano sustentável

**Localização** –Williamsburg, Virgínia, EUA - 1995

**Contexto do Projeto** –O projeto da nova cidade de Williamsburg é uma proposta para o desenvolvimento de um novo município aos arredores da cidade colonial de Williamsburg. O programa solicitava um modelo perdurável e de alta qualidade para as cidades americanas em desenvolvimento.

O plano diretor desenhado propunha a adoção de estratégias urbanísticas que combinassem os conceitos urbanos já testados em outros locais e soluções inovadoras, desenvolvidas principalmente para responder corretamente o espaço geográfico em que a cidade está localizada, o clima e as culturas locais.

A proposta visava o equilíbrio do meio natural com o artificial, além do equilíbrio da população, equilíbrio dos transportes, equilíbrio do uso de recursos e energia. O conceito de cidade equilibrada se desenvolveu em cima de seis temas chaves: clima, movimento e transporte, espaços ao ar livre, água, flexibilidade e identidade local. O planejamento foi feito por uma equipe interdisciplinar de forma integrada, visando maior funcionalidade dos espaços.

Os corpos d'água já existentes na região foram mantidos e houve o uso de estratégias para não o não alagamento do entorno imediato destas regiões. Os jardins de chuva foram planejados para a contensão de água pluvial, além de pontos estratégicos subterrâneos de drenagem de água pluvial e reabastecimento dos mananciais.

### **3.1.4 Aplicação às áreas vulneráveis de Belo Horizonte**

Em grande parte das áreas de vulnerabilidade climática de Belo Horizonte há em parte das edificações ligações ilegais nas redes de captação de água pluvial e esgoto. O sobrecarregamento destas redes acaba acarretando no transbordamento de água e posteriormente em enchentes em dias de fortes tempestades. Com áreas bastante adensadas, poucas áreas verdes e permeáveis restam no decorrer dos bairros, sendo necessário a criação de políticas de arborização de áreas públicas e processos que envolvam a participação da comunidade na recuperação das áreas verdes remanescentes. A aplicação de estratégias de captação de água pluvial descentralizada

visa o alívio do volume e velocidade do escoamento superficial buscando a diminuição no risco de enchentes e deslizamentos.

Além das ocupações formais, muitas ocupações irregulares ocorrem nas faixas de terreno onde passam as linhas de transmissão de energia, aumentando o risco de acidentes, a insegurança energética e onerando o poder público com a contínua remoção dos moradores de tais ocupações, além dos problemas sociais decorrentes para os moradores que estão em situação regularizada no bairro. A legislação brasileira não permite nenhum tipo de uso dessas áreas, exceto para o cultivo de hortaliças. A implantação sistemática de hortas comunitárias embaixo das linhas de transmissão de energia nos bairros mais vulneráveis da cidade pode contribuir para o aumento da renda dos moradores locais e a melhoria da qualidade da alimentação das famílias, enquanto protege essas áreas das ocupações irregulares. Além disso, mantém áreas significativas desses bairros com solo permeável, não compactado, aumentando a infiltração e, portanto, diminuindo o volume e a velocidade do escoamento local das águas pluviais (já que as linhas de energia normalmente passam pelos espigões). Com isso, contribui também para diminuir o risco de enchentes ou de deslizamentos nesses bairros.

## 3.2 Escala Media

### 3.2.1 Tanner Spring Park - Portland, EUA (Hoyer, 2011)

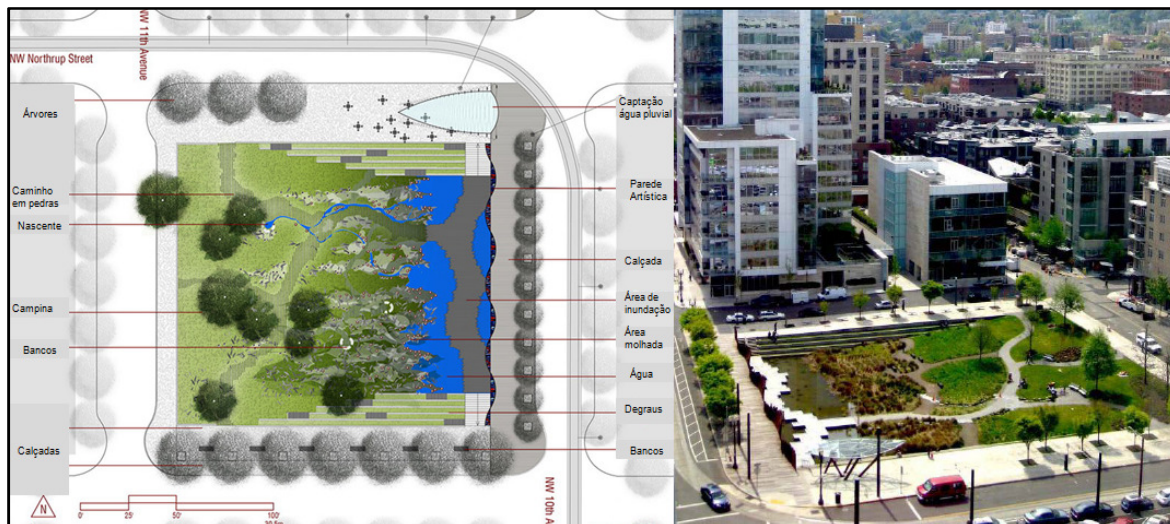


Fig. 7 À esquerda planta de situação e à direita vista em perspectiva do Tanner Spring Park (Atelier Dreiseitl, 2010)

#### **Tipo de Projeto** - Parque Público

#### **Localização** - Portland, Oregon, EUA - 2005

**Contexto do Projeto** - Com uma área de 4.800 m<sup>2</sup>, o Parque Tanner está localizado no bairro Pearl em uma área central da cidade de Portland. A implantação do parque foi feita em um local onde originalmente havia um córrego, que havia sido tampado para a construção de vias de trânsito. O plano de intervenção pretendeu aumentar as áreas verdes locais, buscando descentralizar a captação de águas pluviais.

O projeto, desenvolvido pelo Atelier Dreiseitl, partiu da premissa da divisão do parque em três partes principais: passarela para passagem de pedestres em cima da água; vegetação de região de pântano e área de parque propriamente dita. A topografia e vegetação local interferem diretamente na diminuição da velocidade do escoamento de águas pluviais, tendo na parte mais baixa do parque uma área de retenção de água e vegetação que auxiliam no aumento da evapotranspiração.

Desenvolvido com enfoque na gestão descentralizada de águas, o parque tem desenho e ambiência atrativos para a população local, podendo aumentar sua qualidade de vida.

### 3.2.2 Bairro Vauban - Freiburg, Alemanha (MOURA, 2010)



Fig. 8 Linha do Electro, que liga o bairro ao centro de Freiburg, coberta por vegetação permitindo a infiltração de água de chuva (a); Jardins residenciais e estrutura verde das calçadas (b) (MOURA, 2010)

#### **Tipo de Projeto - Eco bairro**

#### **Localização –Bairro Vauban, Freiburg, Alemanha**

**Contexto do Projeto** –A cidade de Freiburg está localizada na região sudoeste da Alemanha e é considerada uma das regiões mais quentes e ensolaradas do país, o que tem contribuído muito para desenvolvimento e investimento na aplicação de tecnologias de captação de energia solar. O bairro Vauban foi planejado a partir de tomadas de decisões coletivas através da aplicação de metodologias para processos participativos que incluiu a administração local, futuros residentes e dos diversos agentes que interferem no processo do planejamento urbano. O bairro é planejado para atender conceitos sustentáveis de mobilidade, energia e estruturas verdes. O bairro foi planejado para que os trajetos para a maioria dos afazeres cotidianos pudessem ser feitos a pé ou de bicicleta, sendo assim é chamado de bairro das pequenas distâncias.

### 3.2.3 Waterplein Square Bentemplein, Rotterdam, Holanda (URBANISTEN, 2013)



Fig. 9 Waterplein Square Bentemplein ocupada por moradores em dias ensolarados (a); Projeto geral da praça com as três bacias de captação pluvial (b) (URBANISTEN, 2013)

**Tipo de Projeto** –Praça pública

**Localização** –Rotterdam, Holanda - 2013

**Contexto do Projeto** – A chamada praça de Água, foi inaugurada em 2013 na cidade de Rotterdam e foi projetada pelo escritório DE URBANISTEN. A praça foi projetada com a intenção de combinar o armazenamento de água pluvial com a qualificação do espaço público. Esta é uma estratégia usada para o dinheiro investido em captação de água pluvial seja visto e aproveitado também pela população.

O processo de planejamento da praça foi feito em três dias de workshop com a equipe do escritório De Urbanisten, alunos da universidade local e moradores do entorno. Todos concordaram que a praça deveria ser um local dinâmico, voltado para público jovem. Além de espaços amplos para jogos e encontros, há também locais mais intimistas cercado de verde.

Para o recolhimento de água pluvial foram implantadas três bacias subterrâneas, onde duas recebem água sempre que chover e a terceira mais profunda, recebe água somente quando chove constantemente. A água coletada é armazenada e usada para mantimentos das áreas verdes durante o período de seca, ajudando na diminuição da formação de ilhas de calor.

### 3.2.4 Aplicação às áreas vulneráveis de Belo Horizonte

Além da falta de arborização viária, grande parte das áreas mais vulneráveis às mudanças climáticas em Belo Horizonte possuem áreas verdes apenas residuais, em terrenos de difícil topografia, o que impede o seu parcelamento para fins de regularização fundiária dos assentamentos. Desse modo, tais áreas verdes, que contém em muitos casos espécimes arbóreos nativos de grande porte, nascentes de água e/ou pequenos córregos, ficam desprotegidas contra ocupações irregulares e muito precárias, que acabam por tirar da comunidade local a já pouca chance de contato diário com a natureza. Entretanto, tais áreas têm um grande potencial para se transformarem em pequenos parques distribuídos pelo tecido urbano, e sua própria conformação topográfica pode favorecer a formação de áreas para a retenção de água, ajudando na regulação de enchentes e aumentando as áreas de evaporação e evapotranspiração nesses bairros. Wilson (2011) mostra que a maior parte da água de chuva que cai nas bacias hidrográficas retorna à atmosfera por meio da evaporação e transpiração. Desse modo, manter áreas com vegetação nativa, gramados e água superficial pode ajudar no resfriamento local, tanto pelo sombreamento proporcionado pelas árvores quanto pela queda das temperaturas efetivas<sup>1</sup>, ocasionada pelo processo evaporativo. Do lado social, pesquisas nos Estados Unidos e Europa indicam que maior acesso a áreas verdes urbanas diminui a criminalidade, pelo aumento do uso dos espaços públicos e, portanto, da vigilância da comunidade; a violência doméstica, pelo alívio emocional e a socialização promovidos pelo contato com a natureza; doenças ligadas ao sedentarismo, tanto em adultos quanto em crianças, pela promoção de áreas de lazer ativo. O maior acesso a áreas verdes urbanas também promoveu, segundo essas pesquisas, um aumento da capacidade de observação e de reflexão, bem como do sentimento de identidade das pessoas com seu bairro (Wilson, 2011).

A importância dos processos participativos também é um ponto de grande importância nos casos estudados. É essencial que os moradores entendam o processo e as fases do planejamento, assim a implantação de medidas sustentáveis é feita de forma mais efetiva, além de que ao se entender a importância de tais medidas para a qualidade de vida dos moradores, as estruturas verdes, espaços públicos, mobiliário urbano e

---

<sup>1</sup> Temperatura efetiva é a resultante da temperatura, da umidade e da velocidade do ar, usada para a avaliação das condições de conforto térmico.



arborização de calçadas são mantidos por mais tempo. É necessário que ao implantar medidas sustentáveis, a população esteja ciente do pertencimento ao local levando a uma manutenção coletiva destes sistemas.

### **3.3 Escala Micro**

#### **3.3.1 BedZED, Londres, Reino Unido (TWINN, 2003)**

**Tipo de Projeto** -Eco bairro

**Localização** - Londres, Reino Unido - 2000

**Contexto do Projeto** - Em 1999, a Peabody UK's, juntamente com a *Bio Regional Development Group*, tomou a iniciativa de construção de um bairro cujo conceito era o de energia zero (autossuficiência em energia). O BedZED, ou *Beddington Zero (Fossil) Energy Development*, é um empreendimento de uso misto, construído em Surrey, na região sul de Londres.

O principal objetivo da concepção do bairro foi diminuir o máximo possível a produção de carbono e utilizar as tecnologias disponíveis para melhoria da eficiência energética dos prédios. Sendo assim, as edificações possuem painéis fotovoltaicos para captação e conversão de energia solar em eletricidade. A orientação da implantação foi previamente estudada, a fim de favorecer a iluminação e ventilação naturais, visando melhor conforto dentro da edificação. Há também sistemas de captação e reaproveitamento de água pluvial.

Os terraços têm cobertura verde, que captam a água pluvial e através de tubulação própria, ela é levada ao reservatório no subsolo dos edifícios residenciais. Este mesmo reservatório recebe águas cinzas e negras, que passam anteriormente por um tanque séptico. Toda esta água é reaproveitada para as torneiras que regam os jardins ou no uso das descargas dos vasos sanitários, conforme a figura 7.

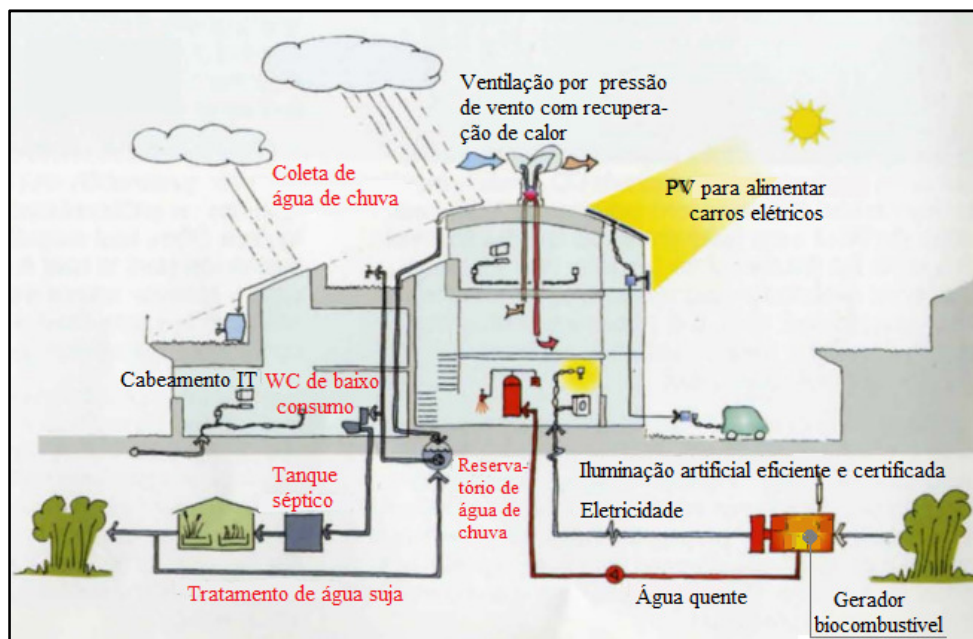


Fig. 10 Esquema demonstrativo do uso da água nos edifícios do BedZED (em vermelho).

Fonte: adaptado de Twinn (2003).

### 3.3.2 Hoyt Apartments - Portland, EUA (HOYER, et al, 2011)



Fig. 11 Áreas planejadas para captação e filtragem de águas pluviais no nível térreo (© Koch Landscape Architecture)

**Tipo de Projeto** - Conjunto Habitacional;

**Localização** - Portland, Oregon, EUA - 2003;

**Contexto do Projeto** -O complexo de apartamentos projetado pelo Koch Landscape Architecture, usa o pátio situado acima da laje da garagem do subsolo como uma espécie de telhado verde. Através do piso intertravado e áreas de recolhimento de água cobertas por cascalho são os meios de captação pluvial. A água é filtrada e armazenada em uma grande cisterna no pavimento do subsolo do edifício. O uso visível de princípios de integração do ciclo da água no planejamento chama a atenção de moradores e projetistas locais para a causa.

### 3.3.3 Av. Carlos Luz, Belo Horizonte, Brasil (SILVA, *et al*, 2010)



Fig. 12 Vista parcial de uma das áreas de captação descentralizada de água pluvial (a); Trincheira de retenção (b); Trincheira de infiltração (c). (SILVA, *et al*, 2010)

**Tipo de Projeto** –Experimentação de aplicação de trincheiras de infiltração e retenção de água pluvial.

**Localização** –Av. Presidente Carlos Luz, Belo Horizonte, Brasil - 2010

**Contexto do Projeto** – Belo Horizonte é uma das capitais de demonstração e aplicação do projeto SWITCH. O projeto de forma geral pretende aplicar estratégias de captação pluvial de forma descentralizada nas cidades modelo. A aplicação das trincheiras de contenção e infiltração pretendem diminuir a velocidade do escoamento superficial e melhorar a qualidade da água que chega nas redes convencionais de captação. As trincheiras instaladas na Av. Presidente Antônio Carlos recebem o fluxo de escoamento

de água pluvial de uma avenida principal que liga a área central de Belo Horizonte zona Norte da cidade.

Os resultados do monitoramento demonstraram que os casos apresentam uma possibilidade interessante de controle do escoamento superficial e da redução de carga poluente da água que tem origem no sistema rodoviário. Durante a experimentação a eficiência da trincheira de infiltração chegou a 90% do volume total. Além da eficiência de captação descentralizada estas estratégias podem desempenhar um papel na redução dos processos de erosão do pavimento asfáltico durante a estação chuvosa.

### **3.3.4 Aplicação às áreas vulneráveis de Belo Horizonte**

Um dos principais aspectos das áreas mais vulneráveis às mudanças climáticas na cidade é a necessidade de controle do processo de adensamento construtivo, que ocorre por autoconstrução, geralmente sem atender aos critérios da legislação construtiva da cidade. O resultado disso é que muitas dessas construções provocam a instabilidade de encostas, devido a cortes inadequados no terreno, além de gerar condições de insalubridade, pela falta de afastamentos adequados entre as construções para a ventilação, insolação e iluminação naturais dessas moradias, bem como desconforto térmico e/ou umidade excessiva no interior das habitações, pelo uso inapropriado dos materiais de construção. Essas áreas ficam, assim, mais suscetíveis à disseminação de vetores de doenças tropicais, a deslizamentos em episódios de chuvas fortes e mais vulneráveis às ondas de calor. Por outro lado, o poder público também tem necessidade de construir novas edificações residenciais nesses locais, para lidar com as remoções de moradias feitas para viabilizar obras de saneamento básico e infraestrutura urbana. O acesso dessa camada da população à chamada “cidade formal” vem, pois, acrescido dos custos de pagamento pela nova moradia, pela energia e pela água consumidas.

Para viabilizar de fato tal acesso, considerando a baixa renda dessas famílias, os edifícios residenciais de interesse social devem ser concebidos de modo a haver equilíbrio entre os custos iniciais de produção das moradias e seus custos de manutenção e de operação (gastos com reparos, reformas, consumo de energia e de água, etc.), que são os maiores custos ao longo da vida útil do edifício e terão que ser assumidos pelos moradores. Assim, pode ser vantajoso maximizar o uso de recursos ambientais e o desempenho de modo geral desses edifícios, em vez de tomar a decisão de projeto com base principalmente, ou mesmo, unicamente, no custo inicial das

moradias. Vários trabalhos no Brasil atestam a viabilidade de implantação de empreendimentos habitacionais de interesse social que agregam aspectos de sustentabilidade, tais como eficiência energética e racionalização do uso da água, beneficiando as famílias e desonerando o poder público em relação aos investimentos de médio e longo prazos em saúde e obras de abastecimento de energia, água e esgotos. Fantinelli e Pereira (2012), por exemplo, indicaram a viabilidade de integração de sistemas de aquecimento solar de água em moradias para famílias de baixa renda, visto que a economia na conta de energia dessas famílias (cerca de 40%) supera os custos de financiamento do sistema implantado nas habitações. Lima *et al.* (2016) constataram a redução do consumo de água potável em cerca de 49%, redução da produção de efluentes domésticos em cerca de 38% e redução média de aproximadamente 47% nas contas de água e esgoto de famílias de baixa renda cujas moradias foram projetadas com equipamentos sanitários eficientes e a substituição da água potável pela água coletada da chuva em alguns usos.



#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Para que o município de Belo Horizonte passe a ser mais resiliente às mudanças climáticas, é necessário implementar ações de adaptação, pelo menos nas áreas mais vulneráveis, a fim de minimizar os impactos nos ciclos naturais e aproveitar melhor os recursos que tais ciclos oferecem. Para tanto, o planejamento e o projeto urbanos devem ser feitos de forma orgânica, com integração entre as escalas macro, média e micro, para que o ambiente se torne mais sustentável, tanto no plano urbano quanto numa edificação individual. O trabalho mostrou que tal integração pode acabar impactando positivamente todos os aspectos considerados de vulnerabilidade associados às mudanças climáticas, já que os padrões examinados se reforçam mutuamente na promoção de microclimas mais favoráveis à saúde e conforto térmico, no controle de danos causados por eventos extremos, bem como podem melhorar as condições sócio-econômicas da população local.

As informações organizadas no presente trabalho oferecem uma base para a análise de outros casos de aplicação de desenho urbano para o ciclo da água. No entanto, para uma efetiva e eficiente aplicação, sugere-se que sejam feitos modelos de simulação de desempenho antes da implantação destes padrões no ambiente real, com o intuito de comprovar os resultados esperados, aqui baseados apenas em pesquisas bibliográficas, prevenindo possíveis erros de dimensionamento dos sistemas nos projetos.

## 5 REFERÊNCIAS

ANDRADE, L. M. S., MELO, B. B. P., VIANA, A. P. **Desenhando com a água no meio urbano - padrões espaciais de infraestrutura ecológica e crescimento urbano inteligente**. Anais do SBE16 Brazil & Portugal, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Brasil, 7-9 Setembro, 2016. Disponível em: <http://sbe16.civil.uminho.pt/app/desenhando-com-a-agua-no-meio-urbano-padroes-espaciais-de-infraestrutura-ecologica-e-crescimento-urbano-inteligente/>. Acesso em: 23 abr. 2018.

ASSIS, E. S. **Mecanismos de desenho urbano apropriados à atenuação da ilha de calor urbana: análise de desempenho de áreas verdes em clima tropical**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura, UFRJ, Rio de Janeiro, 1990.

ASSIS, W. L. **Climatologia: Balanço Hídrico**. 14-14 de maio de 2018. 31 p. Notas de Aula.

CALBINO, D., BORGES, I., ANDRADE, L., ABREU, C. e GONÇALVES, F. **Avanços e desafios das hortas comunitárias urbanas de base agroecológica: uma análise do município de Sete Lagoas**. Colóquio, 14(2), 59-80, 2018.

Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, Seção Minas Gerais CREA-MG. **Sustentabilidade e eficiência energética no ambiente construído**, Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, Belo Horizonte. Disponível em: [http://www.iclei.org.br/polics/CD/P2\\_1\\_Referencias/4\\_Eficiencia%20Energ%C3%A9tica/PDF2\\_CREA.pdf](http://www.iclei.org.br/polics/CD/P2_1_Referencias/4_Eficiencia%20Energ%C3%A9tica/PDF2_CREA.pdf). Acesso em: 29.mar.2018.

DREISEITL, H. **Atelier Dreiseitl Waterscapes**. 2010. Disponível em: <http://www.landezine.com/index.php/2013/03/tanner-springs-park-by-atelier-dreiseitl/> Acesso em: 30.mar.2018

FANTINELLI, J. T., PEREIRA, E. M. D. **Contagem +10: experiência em comunidade de baixa renda**, in: E. D. M. Vasconcellos e M. A. C. Limberger (org.), Energia solar para aquecimento de água no Brasil: contribuições da Eletrobrás/PROCEL e parceiros, Eletrobrás/PROCEL, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em:



[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/60553/mod\\_resource/content/1/Livro%20Solar.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/60553/mod_resource/content/1/Livro%20Solar.pdf). Acesso em: 25.fev.2018.

GARCIA-CUERVA, L.; BERGLUND, E. Z.; RIVERS, L. III. **An integrated approach to place Green Infrastructure strategies in marginalized communities and evaluate storm water mitigation.** Journal of Hydrology, v. 559, p. 648-660, 2018.

HIGUERAS, E. **Urbanismo Bioclimático.** Gustavo Gilli, Barcelona, 2006.

HOYER, J.; DICKHAUT, W.; KRONAWITTER, L.; WEBER, B. **Water sensitive urban design: principles and inspiration for sustainable storm water management in the city of the future.** Jovis Hamburg, Germany, 2011.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas do Brasil 1961-1990.** Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas> Acesso em 22.maio.2018

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2017.** Consulta em 23.abr.2018

LIMA, V. F.; SILVA, E. H. B. C., ORRICO, S. R. M. **A racionalização da água em empreendimentos residenciais do Programa Minha Casa Minha Vida.** Anais do IV Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Brasil, 13-16 Julho 2016. Disponível em: <http://cobesa.com.br/2016/download/cobesa-2016/IVCOBESA-229.pdf>. Acesso em: 29.mar.2018.

MOURA, R. L. S. M. **Estudo do eco-bairro de Vauban, em Freiburg, Alemanha. Contributos para a definição de um modelo participativo com vista à disseminação de eco-bairros em Portugal.** Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitectura de Lisboa. 2010.

Prefeitura Municipal de Sete Lagoas – PSL. **Sete Lagoas: Programa de horta comunitária de Sete Lagoas comemora 35 anos.** Sete Lagoas, PSL, 2015.

RIBEIRO, C. M. e MÓL, C. R. **Avaliação das mudanças climáticas em Belo Horizonte: análise dos parâmetros temperatura e precipitação**, Anais do Simpósio Situação Ambiental e Qualidade de Vida na Região Metropolitana de Belo Horizonte - MG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 28-31 Maio 1985, 67-77.

ROAF, S.; CRICHTON, D.; NICOL, F. **A adaptação de edificações e cidades às mudanças climáticas: um guia de sobrevivência para o século XXI**. Bookman Editora, 2009.

ROGERS, R. **Cidades para um pequeno planeta**. Editorial Gustavo Gili, SL. Barcelona, 2000.

RUANO, M. **Ecourbanismo: entornos humanos sostenibles: 60 proyectos= Ecourbanism: sustainablehumansettlements: 60 case studies/Ecourbanism**. Gustavo Gili, 2000.

SILVA, A.; NASCIMENTO, N.; MARTIN, S. **SWITCH in Belo Horizonte, Brazil: infiltration and detention systems for more sustainable storm water control in Belo Horizonte**. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, v. 9, n. 1, p. 7-13, 2010.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia Descritiva-Fundamentos e Aplicações Brasileiras Nobel**. São Paulo, 1988.

TUCCI, C. **Água no meio urbano**. Livro água Doce, p. 1-40, 1997.

\_\_\_\_\_. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades. Global Water Partnership, 2005. Disponível em: <http://www.capacidades.gov.br/media/doc/acervo/06906898a257ceb3ec8687675e9e36c8.pdf>

Acesso em: 02.abr.2018.

TWINN, C. **BedZED**. Arup Journal, n. 1, 10-16, 2003. Disponível em: <https://www.arup.com/publications/the-arup-journal/section/the-arup-journal-2003-issue-1>. Acesso em: 02.abr.2018.

URBANISTEN, D. **De Urbanisten.** 2013. Disponível em:<http://www.urbanisten.nl/wp/?portfolio=waterplein-benthemplein>> Acessado em: 06.jun.2018

WayCarbon. **Análise de Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas do Município de Belo Horizonte**, Relatório Final, Belo Horizonte, 2016. Sumário disponível em: <http://conteudo.waycarbon.com/resumo-para-os-tomadores-de-decisao-estudo-de-vulnerabilidade-as-mudancas-climaticas-de-belo-horizonte>. Acesso em: 19.ago.2017.

WILSON, W. G. **Construted Climates: a primer on urban environments.**The University of Chigaco Press, Chicago, 2011.

WSUD Australian General Code. **Water ways Water Sensitive Urban Design General Codes.** Austrália, 2009. Disponível em:<http://www.legislation.act.gov.au/ni/2008-27/copy/64663/pdf/2008-27.pdf>. Acessado em: 23.Out.2017