

ESTUDO SOBRE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS DE DRENAGEM URBANA: UM ESTUDO DE CASO NA REVITALIZAÇÃO DO CÓRREGO CASCAVEL

Carinna Soares de Sousa¹

Ludmila Rodrigues de Moraes²

Fernanda Almeida³

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo descobrir o motivo da ruptura na relação entre homem e curso d'água, especificamente no córrego Cascavel em Goiânia, Goiás. Além disso, prova que é possível uma reconciliação, como defendido por Gorski (2010), através de estudos na área do Paisagismo Sustentável, Ecologia Urbana, Drenagem Urbana Sustentável e Técnicas Compensatórias de Drenagem. Foram analisados todos os cursos d'água em meio urbano na cidade de Goiânia a fim de determinar quais teriam maior influência em um meio socioeconomicamente diverso, a fim de promover a democratização do espaço público através da apropriação da APP do córrego Cascavel para este fim, e quais abrangem um maior número de problemáticas urbano-ambientais, a fim de cobrir mais amplamente as possíveis soluções para o conflito entre meio natural e cidade. Após selecionar o córrego Cascavel como estudo de caso para este trabalho, foi determinado quais programas de necessidade seriam necessários - entre o Planejamento Urbano Ecológico da área, seu Projeto Paisagístico e o Projeto de Drenagem Urbana - para a efetiva revitalização e reconhecimento da área por parte da população. Também foram realizados cálculos de pré-dimensionamento da capacidade de vazão de sua bacia hidrográfica, assim como o detalhamento e pré-dimensionamento das técnicas compensatórias de drenagem urbana que possibilitam, mesmo em áreas urbanas extremamente impermeabilizadas, que haja um controle eficaz sobre o excesso de vazão de águas pluviais, ou seja, que possibilite o controle de enchentes e desastres naturais.

PALAVRAS-CHAVE: Drenagem. Controle de vazão. Desenho Urbano Sensível à Água.

¹ Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Goiás. carinnasousau@gmail.com

² Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Goiás, coordenadora. ludmoraes@gmail.com

³ Engenharia do Meio Ambiente. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, professora. BASITEC, tecnóloga em Gestão Ambiental. fe.almeida09@gmail.com

TECHNICAL STUDY ON URBAN DRAINAGE COUNTERVAILING: A CASE STUDY IN THE REVITALIZATION OF THE STREAM CASCAVEL

ABSTRACT

This paper has the goal to discover the reason why the relationship between man and water streams has been broken, specifically in the Cascavel stream in Goiânia, Goiás. Beyond that, it proves that the reconciliation is possible, as defended by Gorski (2010), through studies based on Sustainable Landscape, Urban Ecology, Sustainable Urban Drainage and Compensatory Techniques of Urban Drainage. All urban streams in the city of Goiânia were analyzed so it could be determined which urban stream would have more influence on a socially and economically diverse urban area, in order to promote the democratization of public spaces through the society's appropriation of this stream preservation area, and which one would contain a major number of environmental urban problematics, in order to cover more widely the possible solutions for this conflict between city and natural environment. After selecting the Cascavel stream as a study case for this paper, it was proposed which requirement plans would be needed – within the Ecological Urban Planning, Landscape Project and Urban Drainage Project – so that an effective revitalization could be achieved as a true recognition from the area by the population. It has also been made pre-calculation dimensioning on the flow capacity of the basin, as the detailing and dimensioning of the compensatory techniques of urban drainage, which makes possible, even in extremely impermeable urban areas, to have an effective control on the overflow of rainwater, in other words, makes it possible to control natural disasters and floods within urban areas.

KEYWORDS: *Drainage. Flow control. Water Sensitive Urban Design.*

ESTUDIO TÉCNICO SOBRE COMPENSATORIOS DRENAJE URBANO: UN ESTUDIO DE CASO EN LA REACTIVACIÓN DE LA SECUENCIA CASCAVEL

RESUMEN

El estudio tiene como objetivo conocer el motivo de la terminación de la relación entre el hombre y el curso del agua, específicamente en la corriente de Cascavel en Goiânia, Goiás. Además, prueba una posible reconciliación, como se propone Gorski (2010), a través de estudios en el área de Paisaje Sustentable, Ecología Urbana, Drenaje Urbana Sostenible y Técnicas Compensatorias de Drenaje. Fueron analizadas todas las corrientes en la zona urbana de la ciudad de Goiânia, para determinar lo que haría más influencia de una manera socioeconómicamente diversa, con el fin de promover la democratización del espacio público a través de la apropiación de la APP de la corriente Cascavel para este fin, y que abarca un mayor número de cuestiones urbanas y ambientales con el fin de cubrir de manera más amplia posible, soluciones para el conflicto entre la naturaleza y la ciudad. Después

de seleccionar la corriente Cascavel como caso de estudio para este trabajo, se determinó cuales programas de necesidad serían necesarios - entre el Área de Planificación Ecológica Urbana, su Proyecto de Paisaje y el Proyecto de Drenaje Urbana - para la revitalización efectiva y el reconocimiento de la zona por la población. También se realizó cálculos preliminares de la capacidad de flujo de su cuenca hidrográfica, así como el detalle y diseño preliminar de las técnicas compensatorias de drenaje urbana que permitan, incluso en zonas urbanas muy impermeables, que hagan un control efectivo sobre el exceso de flujo de agua de la lluvia, o sea, que permite el control de las inundaciones y los desastres naturales.

PALABRAS CLAVE: Drenaje. Control de flujo. Diseño Urbano Sensible al Agua.

INTRODUÇÃO

As paisagens fazem-se e desfazem-se, evoluem, ganham e perdem complexidade por ação conjugada do homem e da natureza. Nelas se ligam interativamente comportamentos físicos, químicos e biológicos. Com uma intervenção humana que, direta ou indiretamente, condiciona e interfere com o ciclo e o percurso da água, tornando-o fácil, suave, controlado e aproveitando dela o máximo como recurso essencial à vida ou, pelo contrário, acelerando-o e fazendo-o violento, caprichoso, capaz das maiores destruições (SARAIVA, 2005).

Goiânia, assim como a maioria das cidades brasileiras, se desenvolveu com uma relação crítica com seus cursos d'água. Estes, que no passado foram significados de lazer e abastecimento, passaram a ser reconhecidos pela população somente como barreiras à expansão urbana e agentes de destruição.

Após uma série de revoluções direcionadas para um Planejamento Urbano Sustentável e na Gestão Ambiental internacional, os olhares sobre os mananciais se transformaram, como é observado por Otto, McCormick e Leccese (2004 apud GORSKI, 2010, p. 77): “[...] após anos de exploração dos rios urbanos, através de uso intenso e posterior negligência, constatamos que eles são valiosos econômica e socialmente [...]”.

Assim, passou-se a motivar atitudes com base sustentáveis na maneira como lidamos com a água. A busca por uma reaproximação é clara, e mudou-se o foco sobre quem é o culpado pelos desastres ambientais como enchentes e



desabamentos. Hoje, entende-se que quanto mais nos aproximarmos do ciclo natural do meio ambiente, ou seja, quanto menos interferirmos nos mananciais, mais perto chegaremos de um equilíbrio ambiental.

Essa mudança de atitude se materializou em um trabalho final de graduação, base deste artigo, através da implantação de Técnicas Compensatórias de Drenagem a fim de provar que é possível implementar o conceito de Drenagem Urbana Sustentável mesmo em áreas urbanas já consolidadas, ou seja, onde o homem já interferiu em quase todo o ciclo do curso d'água deixando um índice de permeabilidade do solo quase nulo, o que dificulta o reestabelecimento do ciclo de drenagem natural da bacia hidrográfica de um determinado curso d'água.

No decorrer do trabalho foi necessário compreender questões sobre a gestão ambiental e seus diversos ramos, principalmente a gestão hídrica, entendendo como um planejamento urbano que abrange intrinsecamente o gerenciamento de questões ambientais traz à tona novas ferramentas para um gerenciamento urbano sustentável economicamente, socialmente e ambientalmente. Estas questões foram pertinentes para desenvolver um plano de recuperação do córrego Cascavel guiado por uma proposta de remodelação urbana baseada em diretrizes do Planejamento Urbano Sustentável, Ecologia Urbana e Drenagem Urbana Sustentável.

Estas diretrizes se concretizaram na criação de uma Infraestrutura Ecológica que tivesse como objetivos principais o controle das enchentes, controle de secas e o apoio à manutenção dos ciclos biológicos naturais (MOSTAFAVI; DOHERTY, 2010). Essa nova infraestrutura deve ser guiada por uma proposta de desenho urbano baseada nos padrões do *Water Sensitive Urban Design*² e através de Técnicas Compensatórias de Drenagem Urbana, que têm como objetivo desenvolver o desenho urbano com elementos sensíveis ao comportamento hídrico da bacia de

² *Water Sensitive Urban Design*²: Em tradução literal, Design Urbano Sensível à Água. Conceito utilizado na revitalização de áreas portuárias como *Portland* em Melbourne, Austrália e demais cidades que procuram desenhar seu espaço urbano de forma sensível ao ciclo hidrológico natural de seus mananciais.

determinado curso hídrico e que possam, tecnicamente, suprir, através da remodelação do desenho urbano, as necessidades exatas dos cálculos de vazão, volume e permeabilidade que a bacia do córrego Cascavel necessita para obter seu equilíbrio ecológico.

OBJETIVOS

O trabalho base deste artigo partiu de uma série de pesquisas e se concentrou na busca pela compreensão dos ciclos naturais e as consequências das ações humanas no mesmo. O objetivo inicial era encontrar o porquê, na maioria das capitais brasileiras, esta relação entre meio urbano e água se tornou tão prejudicial a ambos homem e natureza.

O objetivo seguinte era descobrir como esta realidade poderia ser revertida, apoiado na ideia central de que a qualidade de vida urbana encontra seu ápice somente quando este relacionamento entre cidade e meio ambiente é reestabelecido de maneira saudável e equilibrada.

METODOLOGIA

A ESCOLHA DO CURSO D'ÁGUA

Para desenvolver a pesquisa foi necessário escolher um curso d'água na cidade de Goiânia onde se concentrasse um maior número de problemáticas, a fim de gerar um estudo que abrangesse o máximo de soluções socioambientais possíveis e que tivesse influência sobre um maior número de ocupações urbanas com situações socioeconômicas diversas. Assim, pretende-se transformar o atual quadro de

enchentes e desabamentos de ocupações urbanas em um ambiente natural acessível, saudável, qualificador do meio urbano e socialmente democrático.

De acordo com o Plano Diretor de Drenagem Urbana (2008), Goiânia é recortada pela bacia do Rio Meia Ponte, esta gera uma vasta rede de drenagem natural com várias sub-bacias que atravessam a cidade no sentido Norte-Sul e correm pela cidade paralelas umas às outras no sentido Leste-Oeste. As sub-bacias mais importantes são as dos ribeirões Anicuns, que acolhe 70% da drenagem natural da cidade e a Caveiras e João Leite, que acolhem 10% desta drenagem, sendo a sub-bacia do João Leite responsável pelo abastecimento da cidade.

Há um problema com a contínua degradação das sub-bacias do ribeirão Anicuns e do córrego Caveiras, sendo o primeiro o receptor da maioria dos córregos urbanos de Goiânia e o segundo, poluído, contamina profundamente a reserva de água da cidade. Cabe assinalar que entre os cursos d'água que permeiam o município três se encontram parcialmente canalizados, sendo eles o Córrego Botafogo - canalização em concreto armado e gabião - o Córrego Capim Puba - canalização em gabião - e o Córrego Cascavel - canalização em concreto armado e gabião (PDDGO, 2008).

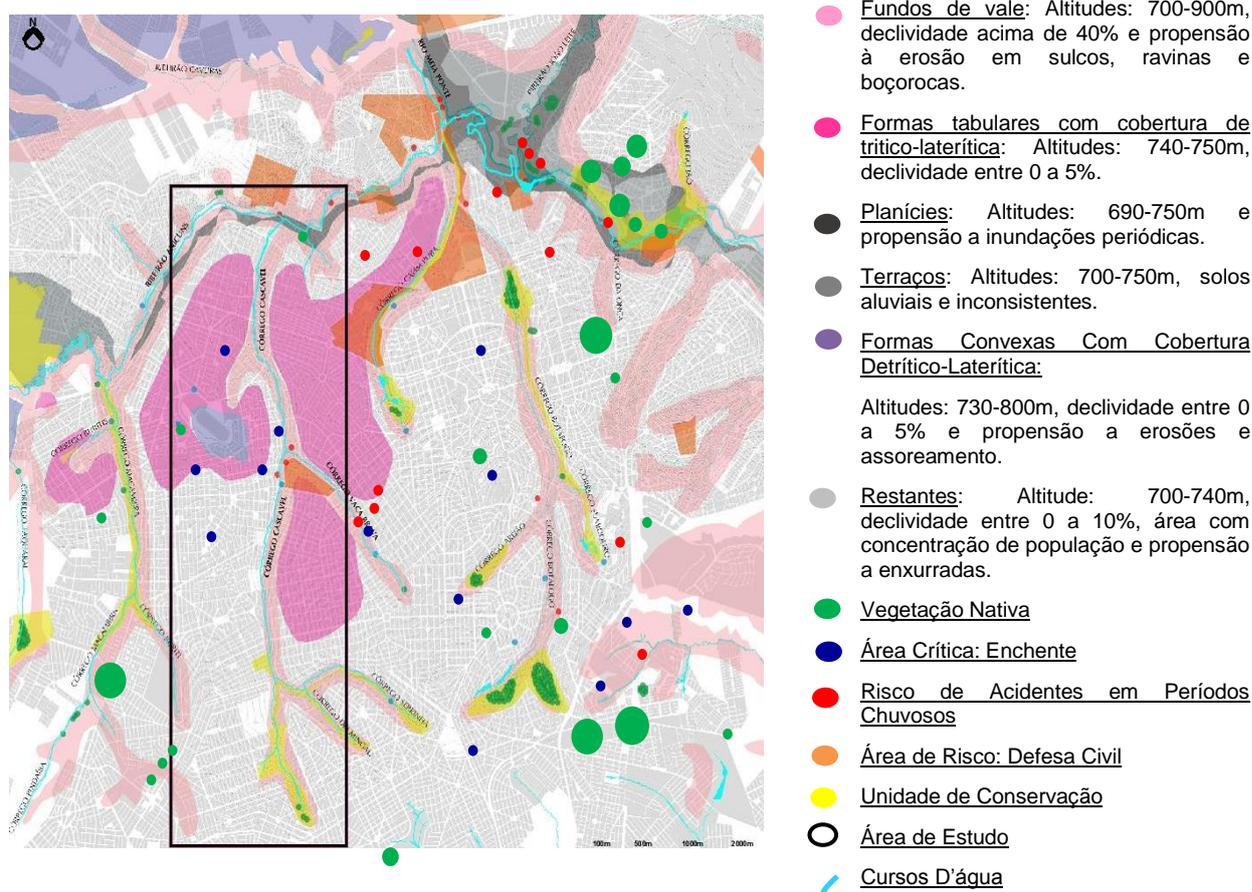
Na **Figura 1** são analisados os principais problemas ambientais ao longo dos cursos d'água na zona urbana de Goiânia, a fim de escolher um deles para exemplificar soluções que promovam a recuperação do mesmo e diminuam a atual sobrecarga do sistema de drenagem urbana. Nesta imagem, foram sintetizadas as áreas de risco demarcadas pela Defesa Civil em uma recente avaliação *in loco* sobre o risco de inundações, análises dos pontos críticos presentes na Carta de Risco (1998) e o levantamento sobre Áreas de Preservação Ambientais existentes (RIBEIRO, 2004), ou não, ao longo dos mananciais urbanos.

Fica claro a inexistência de qualquer área destinada à proteção ambiental em alguns mananciais, o que tem consequência direta com a ocupação ilegal, a impermeabilização de suas margens e o despejo de resíduos tóxicos. Além disso, na **Figura 2**, é possível analisar a duração crítica de vazão de cada curso d'água,

sendo os córregos Macambira e Cascavel de maior vazão, ou seja, em épocas de cheia são os que apresentam maior elevação de seu nível natural de inundação, necessitando assim, de uma maior área permeável de escape para este aumento de vazão temporário.

Analisando mais claramente este Diagnóstico Geral (**Figura 1**), tem-se o rio Meia Ponte e o ribeirão Anicuns com maiores níveis de problemáticas, mas, como se encontram margeando as áreas periféricas da cidade foram descartadas da escolha para exemplificar este trabalho. Logo, tem-se o córrego Cascavel e o córrego Vaca Brava com problemáticas socioambientais gravemente parecidas além de percorrerem áreas bastante adensadas na cidade.

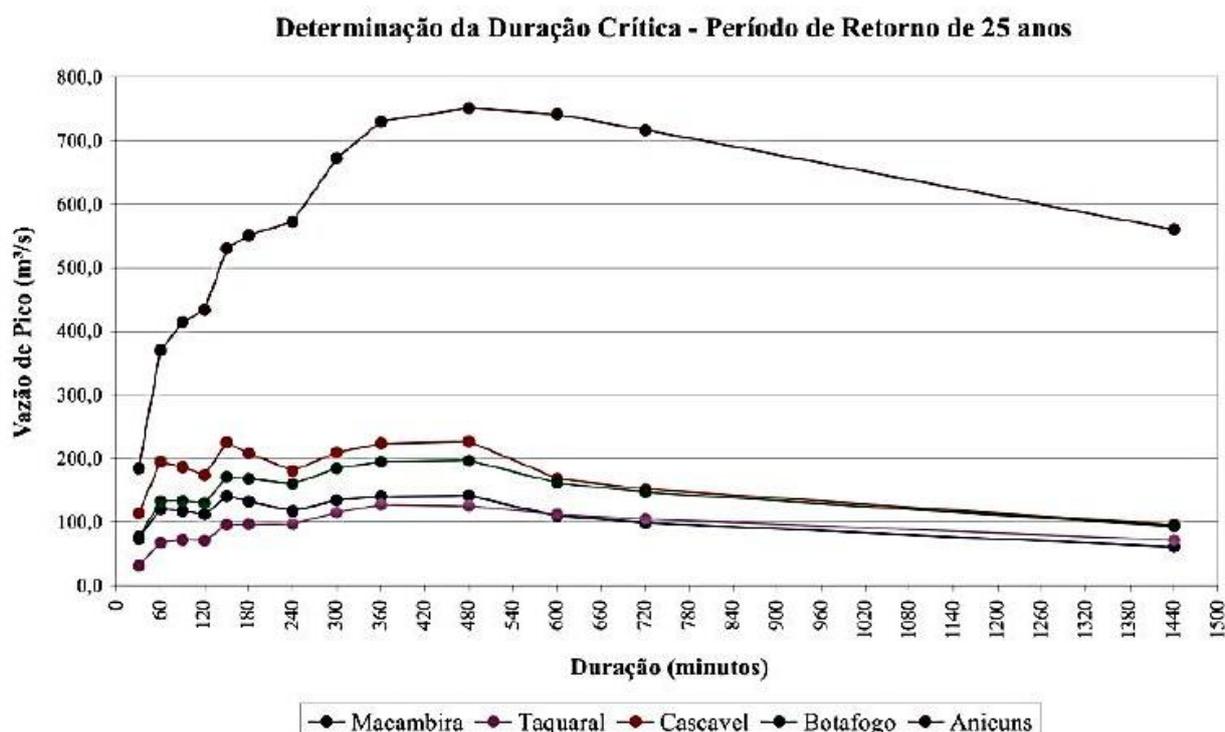
Figura 1: Diagnóstico ambiental geral de Goiânia



Fonte: GOOGLE, CARTA DE RISCO (1998), ZEE (2008), DEFESA CIVIL (2014) adaptado pela autora, 2014.

Para escolher entre as duas alternativas foi criada uma comparação (**Figura 3**) a fim de descobrir qual deles teria maior influência no meio urbano. Após esta análise, ficou clara a participação do córrego Cascavel em um cenário urbano mais diversificado socioeconomicamente e mais adensado, sendo este o caso de estudo escolhido.

Figura 2: Gráfico com a vazão e duração crítica da mesma em cada curso d'água no meio urbano de Goiânia



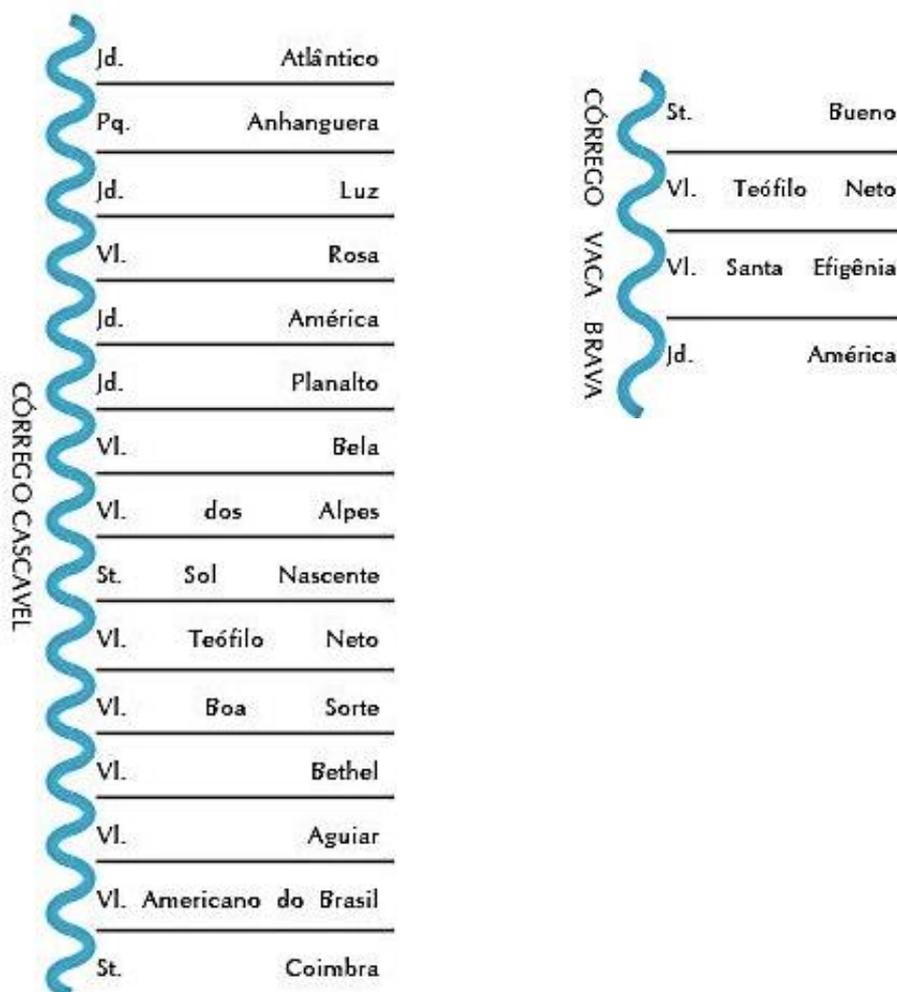
Fonte: PDDGO, 2008.

A REVITALIZAÇÃO DO CÓRREGO – ESTUDO DE NECESSIDADE

Como foi dito anteriormente, o objetivo deste trabalho é reaproximar o homem da água e seu meio natural, mas esta reaproximação só será possível através de uma total revitalização da relação construída entre o meio natural e urbano ao longo dos anos.

Para isto ser possível, foi necessária a elaboração de três propostas, resultando em três diretrizes de projetos e seus respectivos objetivos, sendo eles: Projeto Urbano - requalificação urbana -, Projeto Paisagístico - apropriação do lugar pela população – e Projeto de Drenagem - segurança e controle de vazão. A **Figura 4** sintetiza as diferentes diretrizes, suas particularidades, e os resultados esperados em cada uma das áreas.

Figura 3: Comparativo de bairros nas margens do córrego Cascavel e córrego Vaca Brava



Fonte: PDDGO (2008) adaptado pela autora, 2014.

O Projeto Urbano se consistiu na remodelação urbana consequente da adição da área de preservação permanente do córrego Cascavel defendida pelo Código Florestal, utilizando da desapropriação, defendida pela Lei Federal nº 3.365, artigo 2º e 10º, e o consequente remanejamento, das famílias afetadas, para vazios urbanos ou áreas públicas próximas. Nestas novas quadras habitacionais foi proposta uma nova configuração na implantação dos edifícios utilizando 20% de

áreas permeáveis, armazenamento e reuso de águas pluviais a fim de aperfeiçoar o armazenamento da vazão excessiva nas épocas de cheia.

Figura 4: Resumo das diretrizes de revitalização sobre os três projetos propostos no trabalho base deste artigo



Fonte: AUTORA, 2014.

Quanto ao trecho canalizado do córrego Cascavel foi, primeiramente, defendido a não consolidação do projeto – hoje já aprovado – de canalização da totalidade restante do córrego até sua foz no Ribeirão Anicuns. Por último, foi proposta a reconversão do trecho já canalizado, defendida através da demolição das margens concretadas e a instalação de muro em gabião, permitindo que o solo se recomponha que plantas se desenvolvam neste muro e que a área permeável neste trecho aumente.

Já sabemos que não é mais aceitável pensar em retificar um rio, revestir seu leito vivo com calhas de concreto, e substituir suas margens vegetadas por vias asfaltadas, como uma alternativa de projeto para sua inserção na paisagem urbana. Estas propostas, que tinham como uma de suas bases conceituais a busca do controle das enchentes urbanas, são muito



criticadas não só pela sua fragilidade socioambiental no resultado final do projeto, como também pela pouca eficiência no controle destas mesmas enchentes (COSTA, 2006).

O Projeto Paisagístico Sustentável utiliza vegetação própria para que seja autossuficiente para se manter no clima seco do cerrado sem ter altos gastos com irrigação. Todo o design do projeto paisagístico é definido através das diretrizes lançadas pelas técnicas compensatórias de drenagem, como a presença de bacias de retenção em forma de lagos de contemplação, desníveis e vegetações inundáveis para suprir o excesso de água pluvial em certas estações, trincheiras de detenção de água pluvial ao longo do parque que servem como canteiros diferenciados do paisagismo, entre outras determinantes da drenagem e suas soluções paisagísticas sustentáveis.

Não basta despoluir o rio! Mesmo que ele volte a correr límpido, piscoso, potável, de nada modificará a percepção que a população tem do seu “esgoto a céu aberto”. O rio precisa voltar a se incorporar na vida (do paulistano) e, para isso, a única alternativa é reconstituí-lo como espaço de lazer (GORSKI, 2010).

Compreender o rio urbano como paisagem é também dar a ele um valor ambiental e cultural que avança na ideia de uma peça de saneamento e drenagem. É reconhecer que o rio urbano e cidade são paisagens mutantes com destinos entrelaçados (COSTA, 2006).

Por último, o Projeto de Drenagem se definiu na implantação das técnicas compensatórias de drenagem no parque linear e seu entorno, a fim de diminuir o impacto direto das chuvas em toda a área de influência da bacia hidrográfica do córrego Cascavel e o pré-dimensionamento e detalhamento das mesmas em um trecho específico da bacia. Este projeto terá seus estudos e resultados expostos neste artigo.

A IMPLEMENTAÇÃO DOS CONCEITOS DE DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL E TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS DE DRENAGEM NO DESENHO URBANO

O Projeto de Drenagem é de extrema importância para uma real revitalização do córrego, ou seja, para que ao se sentirem seguros em relação às cheias do córrego a população possa se reaproximar e se relacionar com o córrego Cascavel, fazendo ele parte de sua rotina.

Lembrando que, para termos um curso d'água com cheias que não afetam as cidades, que foram erguidas em suas margens, são necessárias duas coisas: Desenvolver os assentamentos urbanos afastados da margem de alagamento natural do córrego e preservar o máximo de áreas permeáveis possíveis, afim de não interferir no volume de água pluvial que o córrego receberá por escoamento das linhas naturais de drenagem – não afetando sua vazão total, logo, não provocando enchentes pela ocupação desenfreada e não sustentável do solo natural.

Infelizmente, os grandes centros urbanos já foram consolidados, em sua maioria, desrespeitando essas duas premissas para um assentamento urbano sustentável, que respeite o ciclo natural do meio ambiente. Assim, o córrego Cascavel, se encontra margeado por uma das ocupações urbanas mais impermeáveis de Goiânia e com suas áreas inundáveis naturais completamente construídas – também impermeabilizadas ou com sua mata natural substituída por gramíneas rasteiras que somente aumentam a velocidade do escoamento das águas pluviais, ou seja, aumenta ainda mais a vazão de água por segundo que será recebida pelo córrego.

Este projeto se dividiu entre duas etapas. A primeira resultou em diretrizes gerais de implantação das Técnicas Compensatórias de Drenagem Urbana internas e externas ao parque linear proposto. A segunda compreendeu-se no detalhamento dos diferentes sistemas de drenagem sustentável em um dos trechos do parque linear, como resultado da vazão hídrica e pluvial que deverá ser contida em cada

trecho influenciado pela bacia deste córrego e como isto pode ser feito através de mudanças no desenho urbano.

O objetivo da primeira etapa é controlar a vazão recebida pelo córrego Cascavel usando técnicas compensatórias de drenagem urbana que funcionem como prevenção, para que enchentes não ocorram, e não como tentativas de controle - remediação - das mesmas como fazem as técnicas tradicionais de Drenagem Urbana.

Para determinar quais técnicas compensatórias de drenagem serão usadas, e onde serão implantadas, é preciso seguir as seguintes etapas:

Determinar a área de Influência da bacia do córrego Cascavel e as linhas de drenagem natural do terreno (Figura 5):

Esta área de influência pode ser encontrada no Plano Diretor de Drenagem Urbana e as linhas naturais de drenagem podem ser observadas através da declividade da topografia. Vale ressaltar que com a impermeabilização intensa da região essas linhas naturais de drenagem ficam extremamente sobrecarregadas o que resulta nas enchentes em suas imediações. Assim, podem-se observar quais são as áreas disponíveis adjacentes a estas declividades para que já se compreenda quais técnicas podem ser implantadas de forma mais incisiva nestas regiões de risco.

Figura 5: Área de influência da bacia do córrego Cascavel e suas linhas naturais de drenagem



Fonte: PDDGO adaptado pela autora, 2008.

Escolha das técnicas compensatórias de drenagem para a bacia do córrego Cascavel:

Para definir quais entre as já conhecidas técnicas compensatórias de drenagem seriam apropriadas para a área da bacia do córrego Cascavel foram utilizadas as metodologias de análise de BAPTISTA, NASCIMENTO e BARRAUD (2011, p. 41-60). Após uma análise inicial, foi elaborado um quadro síntese (**Tabela 1**) baseado nas metodologias apresentadas por USEPA (1993), DayWater (2003) e Azzout (1994) presentes em BAPTISTA, NASCIMENTO e BARRAUD (2011, p. 55). Assim, podem-se observar quais técnicas eram mais restritivas para a área em estudo e quais seriam mais adequadas para a mesma (**Tabela 2**).

Ambas as tabelas foram divididas entre áreas externas e internas ao Parque Linear, pois compreendem solos e declividades diferentes, logo, recebem diferentes

restrições. As Bacias de Infiltração e Pavimentos Porosos são aceitas internas ao parque em áreas ainda distantes das margens do córrego Cascavel.

Para definir qual a vazão de água pluvial recebida pelo córrego e, assim, realizar o pré-dimensionamento das técnicas compensatórias necessárias para atingir um equilíbrio entre curso d'água e os assentamentos urbanos, seguem as seguintes etapas:

a) Definição do trecho para o cálculo de vazão:

Foi necessário determinar o perímetro limite da área de contribuição da bacia do Cascavel através do levantamento de dados como o Ponto Exutório² escolhido para determinar o limite da área de cálculo e os limites delimitados pelas linhas de alta declividade da área. O mapeamento do agrupamento destas informações resultou na **Figura 6** que delimita a área para o cálculo de vazão.

A partir deste desenho é possível calcular a extensão do Talvegue (curso d'água) desde o Ponto Exutório até o seu ponto de encontro com o perímetro da área de cálculo - o eixo do curso d'água é estendido até este encontro, resultando no dado conhecido como a extensão do talvegue. Por último, pode-se calcular o desnível entre as extremidades entre a extensão do talvegue e o ponto exutório.

Com todos estes dados calcula-se a área e declividades gerais da área do cálculo de vazão.

b) Cálculo do coeficiente de impermeabilização geral da área (CN):

Neste momento, foi necessário delimitar as medidas base para este cálculo (**Figura 7**) e calcular a área residencial consolidada, área do sistema viário e os 20% de área permeável das áreas residenciais (**Figura 8**). Também foram calculadas todas as áreas permeáveis existentes e propostas, inclusive os 20% de cada quadra remodelada nos novos padrões de permeabilidade do solo (**Figura 9**). Estes dados foram calculados com seus respectivos coeficientes de impermeabilização individuais juntamente com o cálculo da precipitação de chuva na região, calculados e delimitados através do método HUT, e resultaram no coeficiente de impermeabilização da área (CN), como mostrado na **Tabela 3**.

Vale lembrar que áreas extremamente urbanizadas podem obter um CN de 90-100 e áreas pré-urbanizadas possuem um CN de 15, este trecho foi finalizado, após as propostas de novas áreas permeáveis, com um CN de 69, ou seja, ainda longe do ideal CN de 55, que se busca em áreas urbanas já consolidadas, mas com algum equilíbrio, e que foi utilizado na **Tabela 4** de Estudos Hidrológicos para o cálculo de vazão excedente da região. Este CN de 55 tem sido exigido para a aprovação de novos loteamentos do Distrito Federal como o Residencial Santa Bárbara (ALMEIDA, 2014).

Tabela 1: Importância relativa de restrições à implantação e operação de técnicas compensatórias de drenagem

Técnicas	RESTRIÇÕES À IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE TÉCNICAS									
	Permeabilidade do Solo		Declividade		Proximidade da Lençol		Proximidade do Leito Rochoso		Restrições ao Uso de Solo	
	Interna ao Parque	Externa ao Parque	Interna ao Parque	Externa ao Parque	Interna ao Parque	Externa ao Parque	Interna ao Parque	Externa ao Parque	Interna ao Parque	Externa ao Parque
Bacia de Detenção	*	*	*	*	*	*	**	**	***	***
Bacia de Infiltração	***	***	*	*	***	***	***	***	***	***
Valas e Valetas de Detenção	*	*	**	**	*	*	**	**	**	**
Valas e Valetas de Infiltração	***	***	***	***	***	***	***	***	**	**
Pavimentos Porosos	**	**	***	***	**	**	*	*	*	*
Revestimentos Permeáveis	**	**	***	***	**	**	*	*	*	*
Trincheiras de Detenção	*	*	**	**	**	**	**	**	**	**
Trincheiras de Infiltração	***	***	***	***	***	***	***	***	**	**
Poços de Infiltração	***	***	*	*	***	***	***	***	**	**
Telhados Armazenadores	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Reservatórios Individuais	*	*	*	*	**	**	**	**	*	*

Legenda: *** Grande Importância | ** Média ou Possível Importâncias | * Importância Pequena ou Nula

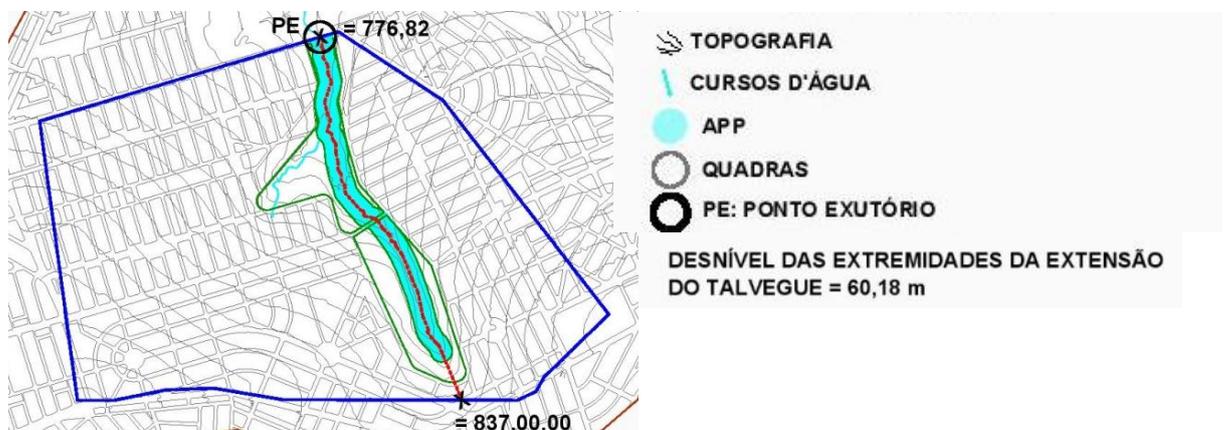
Fonte: BAPTISTA, NASCIMENTO E BARRAUD, adaptado pela autora, 2011.

Tabela 2: Técnicas compensatórias de drenagem na área de influência da bacia do córrego Cascavel internas e externas ao Parque Linear

APLICÁVEIS	
Interna ao Parque	Externa ao Parque
Bacia de Detenção	Bacia de Detenção
Valas e Valetas de Detenção	Bacia de Infiltração
Trincheiras de Detenção	Valas e Valetas de Detenção
Bacia de Infiltração	Valas e Valetas de Infiltração
Pavimentos Porosos	Pavimentos Porosos
	Revestimentos Permeáveis
	Trincheiras de Detenção
	Trincheiras de Infiltração
	Poços de Infiltração
	Telhados Armazenadores
	Reservatórios Individuais

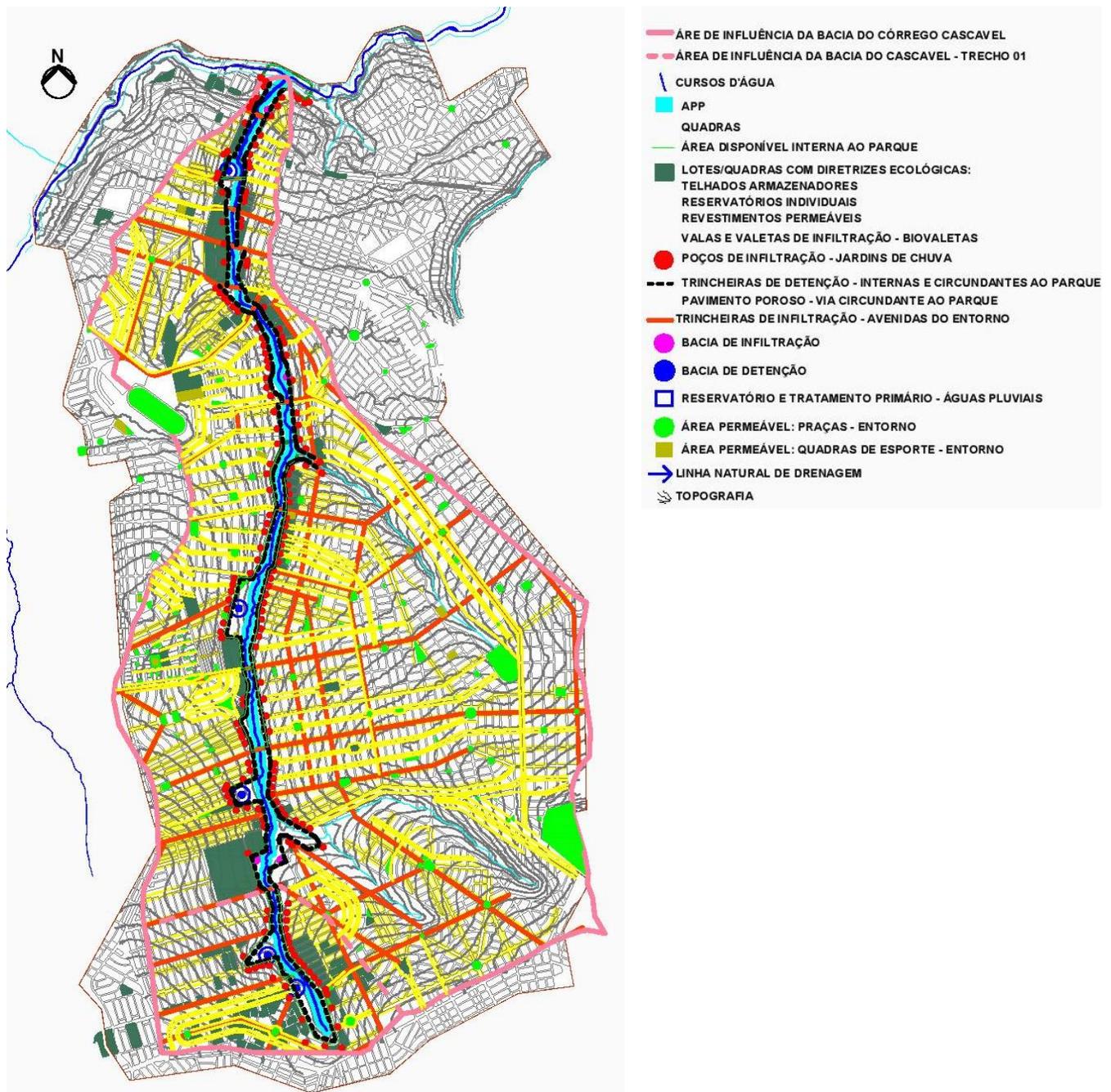
Fonte: AUTORA, 2014.

Figura 7: Delimitação e cálculos gerais da área para o cálculo de vazão e pré-dimensionamento detalhado das técnicas compensatórias de drenagem



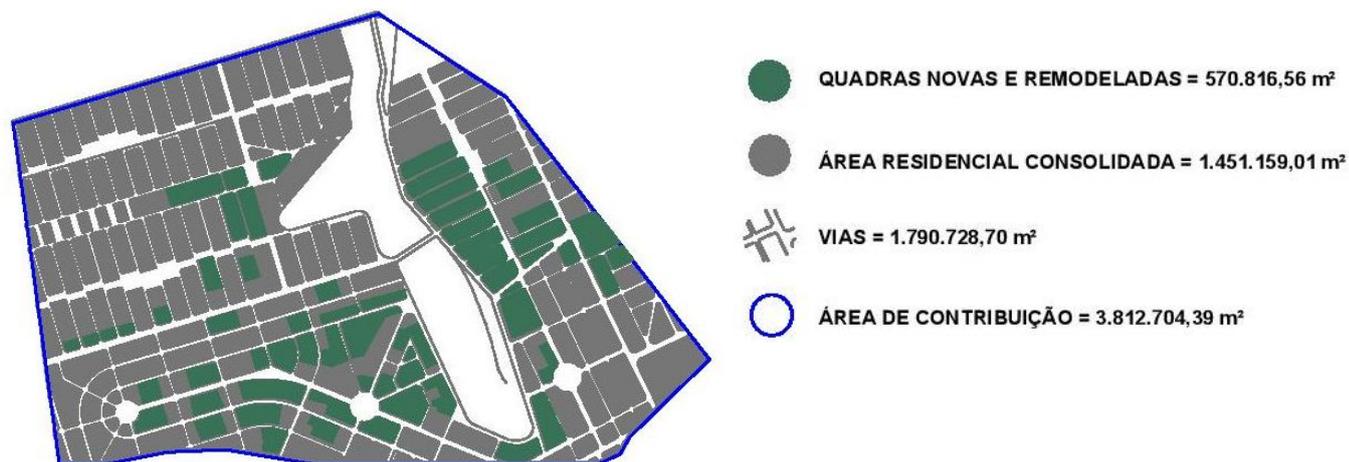
Fonte: AUTORA orientada por ALMEIDA, 2014.

Figura 6: Síntese da implantação das técnicas compensatórias de drenagem urbana na área da bacia do córrego Cascavel escolhidas através da metodologia de USEPA (1993), DAYWATER (2003) e AZZOUT (1994)



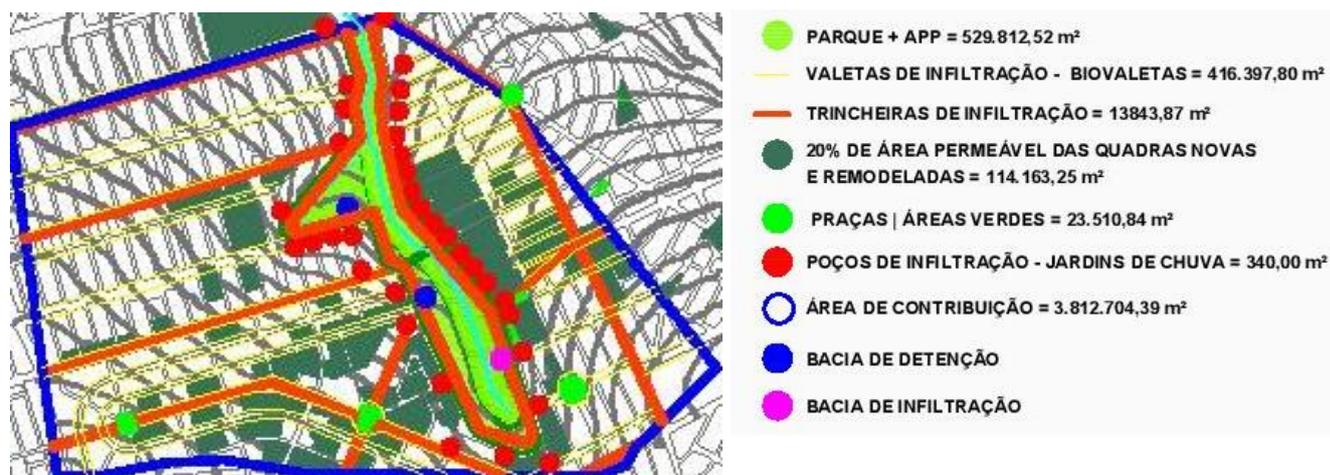
Fonte: AUTORA, 2014.

Figura 8: Análise das áreas impermeáveis



Fonte: AUTORA orientada por ALMEIDA, 2014.

Figura 9: Análise das áreas permeáveis após propostas gerais das técnicas compensatórias na bacia do Cascavel



Fonte: AUTORA orientada por ALMEIDA, 2014.

Tabela 3: Cálculo do coeficiente de impermeabilização final da área

COMPOSIÇÃO DE ÁREA "CN"					
	m ²	km ²	CN adotado	%	
Área total	3.812.704,0	3,8127	-	-	-
Área permeável	1.098.068,3	1,0981	30	29%	-
Área residencial (implantado)	1.451.159,0	1,4512	85	38%	32,35
Vias	1.790.728,7	1,7907	85	47%	39,92
Área de impermeável	-527.252,0		85	-14%	-11,75
			CN adotado		69

Solo 100% Impermeabilizado: C = 100
 Áreas pré-urbanizadas: C = 15
 Áreas Urbanizadas: C = 80/90

Fonte: ALMEIDA adaptado pela autora, 2014.

RESULTADOS

CÁLCULO DA VAZÃO DA ÁGUA PLUVIAL

Todos os dados analisados anteriormente foram sintetizados na tabela de Estudos Hidrológicos |Hidrograma unitário - cedida por ALMEIDA, 2014 - onde se pode calcular a vazão total de águas pluviais que serão recebidas neste trecho de detalhamento interior a bacia do Cascavel. Esta vazão, calculado em m³/s, é transformada para um total de 30 minutos do pico chuvoso mais rigoroso da região. Desta forma descobre-se qual é o volume total de água que deve ser permeado ou retido para que não haja sobrecarga deste trecho na bacia do Cascavel, evitando assim as enchentes do córrego (**Tabela 4**).

Tabela 4: Cálculo da vazão total de água pluvial recebida pela bacia e volume total a ser retido nas futuras intervenções

ESTUDOS HIDROLÓGICOS			
Hidrograma Unitário			
ESTACA :			
VIA :	Av. Independencia	TEMPO DE RECORRÊNCIA :	10
CURSO D'ÁGUA :	Córrego Cascavel	CN:	69
ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO (km ²):	3,81	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO Tc (h) :	0,67
COMP. DO TALVEGUE (km) :	2,05	TEMPO UNITÁRIO Tu (h) :	0,11
DESNÍVEL (m) :	60,18	TEMPO DE PICO Tp (h) :	0,46
DECLIVIDADE DO TALVEGUE (%) :	2,94	TEMPO DE BASE Tb (h) :	2,30
SOLO (U.S. Soil Conservation) :	Tipo B	TEMPO DE RETORNO Tr (h) :	0,77
TERRENO :	Ondulado	m (Tp)	(m ³ /s/cm) :
			17,27

Vazão máxima =	21,00	m³/s
Vazão máxima (CN=55)	5,08	m³/s
Vazão máxima (CN=69)	21,00	m³/s
Vazão excedente =	15,92	m³/s
Volume a ser retido =	28.655,07	m³

*Considerou-se 30 minutos de chuva intensa

Fonte: ALMEIDA adaptado pela autora, 2014.

A partir deste volume pode-se calcular a dimensão de cada técnica compensatória de drenagem urbana necessária para retê-lo (**Tabela 05**) assim como o volume total para armazenamento da vazão excedente assim como um limite de reserva de 3.719,15 m³.

Tabela 5: Cálculo de pré-dimensionamento e capacidade, em volume, total necessária para cada técnica compensatória de drenagem urbana

Volume a ser retido = 28.655,07			
	Área (m ²)	Volume (m ³)	Observação
Bacia de Detenção	1.5298,56	20625	Forma prismática
Jardim de Chuva	340	238	70% da capacidade bruta
Trincheira de Infiltração	13843,87	9690,7	70% da capacidade bruta
Trincheira de Detenção	2600,74	1820,52	
Total			32374,22
Reserva	-		3.719,15

Fonte: AUTORA orientada por ALMEIDA, 2014.



CONCLUSÃO

Neste artigo, foi possível provar a capacidade de se reverter o quadro de desastres naturais e a consequente ruptura entre o relacionamento do homem com os cursos d'água, mesmo em centros urbanos consolidados, ou seja, onde o nível de permeabilidade do solo é praticamente nulo mantendo um quadro de incapacidade natural da bacia hidrográfica em absorver a grande vazão da água pluvial.

Isto foi possível através do cálculo exato da vazão de água pluvial atual em áreas urbanas consolidadas, da capacidade real do curso d'água em absorver certo volume e o volume excedente - que se traduz nas enchentes urbanas recorrentes. Sabendo cada volume exato foi possível pré-dimensionar as Técnicas Compensatórias de Drenagem Urbana, a fim de determinar um desenho urbano sensível à água que tem real capacidade em absorver e armazenar o volume de água pluvial excedente. Assim, evitam-se as enchentes e desabamentos além de renovar a segurança do homem para com o curso d'água através do equilíbrio entre expansão urbana e preservação ambiental.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Fernanda. **Mestranda em Engenharia de Recursos Hídricos, MBA em Perícia e Auditoria Ambiental e Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo CEFET-GO, integrante da equipe da empresa BASITEC – projetos de drenagem urbana – em entrevista.** Goiânia, 2014.

AMMA, Agência Municipal do Meio Ambiente. **Diagnóstico Ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego Cascavel.** Goiânia, 2008.

BARATTO, Romulo. **Oito exemplos de que é possível despoluir os rios urbanos.** Disponível em <<http://www.archdaily.com.br/168964/oito-exemplos-de-que-e-possivel-despoluir-os-rios-urbanos>>. Acesso em maio de 2014.

BAPTISTA, Márcio; NASCIMENTO, Nilo; BARRAUD, Sylvie. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana.** Porto Alegre: ABRH, 2011.

CAMARA, Eric Brucher. **Despoluição do Tâmis.** Disponível em <http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/story/2004/01/040121_tamisaebc.shtml> Acesso em maio de 2014.

DEFESA CIVIL. **Relatório das áreas de risco.** Goiânia, 2014.

DE JONGH, 1999; MAPPIN, 2000 apud GORSKI, Maria Cecília Barbieri. **Rios e Cidades: Ruptura e Reconciliação**. São Paulo: SENAC, 2010.

FERRAZ, Caio Silva. **Entre Rios**. São Paulo: Trabalho de Conclusão - SENAC, 2009.

FOLHA. **Seca fora de época faz 93 cidades cortarem a água**. Disponível em <<http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2015/01/1573336-seca-fora-de-epoca-no-pais-faz-93-cidades-cortarem-a-agua.shtml>> Acesso em março de 2015.

GHEL, Jan. **Cidades para pessoas**. São Paulo: Perspectiva S.A., 2014.

GORSKI, Maria Cecília Barbieri. **Rios e Cidades: Ruptura e Reconciliação**. São Paulo: Editora SENAC, 2010.

JACOBS, Jane. **Morte e Vida das Grandes Cidades**. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2011.

MOSTAFAVI, Mohsen; DOHERTY, Gareth. **Ecological urbanism**. Harvard University: Lars Müller Publishers, 2010.

RIBEIRO, Maria Eliana Jubé. **Goiânia: os planos, a cidade e o sistema de áreas verdes**. Goiânia: Universidade Católica de Goiás, 2004.

SANTOS, Rozely Ferreira. **Planejamento Ambiental teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

STORMWATER COMMITTEE. **Urban Stormwater: Best practice environmental management guidelines**. Collingwood, Austrália: CSIRO, 2006.

SURVIO. Disponível em <<https://www.survio.com/survey/d/Y3Q5V9X9D9X9I1K9Y>>