

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS NUMÉRICOS PARA MEDIÇÃO DE ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE: UM ESTUDO DE CASO



Revista
Desafios

Artigo Original
Original Article
Artículo Original

Comparison of numerical methods for permanent preservative area measurement: a case study
comparación de métodos

Numéricos para medición de área de preservación permanente: un estudio de caso

Gabriela da Silva da Costa¹, Nicole Deckmann Callai¹, Felipe Cavalheiro Zaluski^{*2}, Tarcísio Dorn de Oliveira³, Vanessa Faoro⁴

¹ Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, Brasil.

² Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, Brasil.

³ Programa de Pós-graduação em Educação nas Ciências, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, Brasil.

⁴ Programa de Pós-graduação em Modelagem Matemática, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, Brasil.

*Correspondência: Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - Rua do Comércio, 3000 - Universitário, Ijuí - RS, 98700-000. e-mail felipezaluski@hotmail.com

Artigo recebido em 28/06/2018 aprovado em 08/10/2018 publicado em 31/12/2018.

RESUMO

O presente estudo objetivou-se executar a medição da metragem quadrada da área de preservação permanente (APP) de um curso d'água na cidade de Ijuí, localizada no Estado do Rio Grande do Sul, utilizando os conceitos do cálculo numérico através do Método dos Trapézios e da Primeira Regra de Simpson e verificou qual dos dois métodos utilizados mais se assemelha com a prática correta. Utilizando uma abordagem quali-quantitativa e descritiva, com coleta de dados bibliográficos e documentais pode-se concluir que, o método que mais se aproxima da solução real é o método dos Trapézios, o que pode ser explicado pelo comportamento quase linear do córrego em alguns pontos. Após a conclusão das áreas finais do quarteirão e da área de preservação, percebemos que a APP ocupa aproximadamente 52,75%, ou seja, mais da metade do terreno inteiro é comprometido pela presença do córrego, fazendo com que toda essa área não possa ser usada para construção.

Palavras-chave: Área de Preservação Permanente, Métodos Numéricos, Medição.

ABSTRACT

The objective of this study was to measure the square footage of the permanent preservation area (APP) of a watercourse in the city of Ijuí, located in the State of Rio Grande do Sul, using numerical Trapeze and Simpson's First Rule and verified which of the two methods used most closely resembles the correct practice. Using a qualitative and descriptive approach, with the collection of bibliographical and documentary data, one can conclude that the method closest to the real solution is the Trapezoids method, which can be explained by the quasi-linear behavior of the stream in some points. After the completion of the final block areas and the preservation area, we noticed that the APP occupies approximately 52.75%, that is, more than half of the entire land is compromised by the presence of the stream, so that the whole area can not be used for construction.

Keywords: Permanent Preservation Area, Numerical Methods, Measurement.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo realizar la medición del metraje cuadrado del área de preservación permanente (APP) de un curso de agua en la ciudad de Ijuí, ubicada en el Estado de Rio Grande do Sul, utilizando los conceptos del cálculo numérico a través del Método de los " Trapézios y de la Primera Regla de Simpson y verificó cuál de los dos métodos utilizados más se asemeja a la práctica correcta. Utilizando un abordaje cuali cuantitativo y descriptivo, con recolección de datos bibliográficos y documentales se puede concluir que, el método que más se aproxima a la solución real es el método de los Trapézios, lo que puede ser explicado por el comportamiento casi lineal de la corriente en algunos puntos. Después de la conclusión de las áreas finales de la cuadra y del área de preservación, percibimos que la APP ocupa aproximadamente el 52,75%, es decir, más de la mitad del terreno entero está comprometido por la presencia del arroyo, haciendo que toda esa área no pueda ser utilizado para la construcción.

Descriptores: Área de Preservación Permanente, Métodos Numéricos, Medición.

INTRODUÇÃO

Embora os problemas ambientais urbanos não sejam recentes, somente nas últimas décadas começaram a fazer parte da consciência pública, sobretudo, em função da escala e da gravidade por eles assumidas (SILVA; TRAVASSOS, 2008). Esse processo pode ser reconhecido tanto na incorporação do meio ambiente urbano em leis, normativas, agendas e documentos que constituem o marco institucional da área, quanto no seu aparecimento em disciplinas diversas, sugerindo a emergência do tema como área específica de investigação científica.

Nesse sentido, a preocupação com o meio ambiente ganha considerável relevância, haja visto que, variados temas ligados ao Planeta Terra como por exemplo o aquecimento global, a influência antrópica, a degradação de ambientes naturais, os processos ecológicos, a biodiversidade, a sustentabilidade e até mesmo a cidadania ambiental apresentam notoriedade aos debates acadêmicos nas mais diversas esferas de convívio social.

Deste modo, Silva e Travassos (2008) destacam a relação intrínseca que existe entre os assentamentos urbanos e o seu suporte físico sempre provocou impactos, haja visto, que as mudanças nos padrões produtivos e nas dinâmicas populacionais alteraram o perfil da natureza e, conseqüentemente, as condições socioambientais das aglomerações urbanas.

Nesse processo, conflitos antigos foram acirrados e novos foram constituídos, tornando cada vez mais complexa a relação entre os assentamentos urbanos e sua base física.

Assim, Ribeiro (2011) sinaliza que um dos principais problemas ambientais, tanto no Brasil quanto no resto do mundo, situam-se especialmente nas áreas urbanas principalmente em áreas de suscetibilidade ou fragilidade ambiental – beiras de córregos, encostas íngremes, várzeas inundáveis, áreas de proteção de mananciais -, que constituem uma das raras alternativas para os excluídos do chamado mercado residencial formal. Além disso, é notório que, através de um processo histórico evolutivo padrão, as corporações capitalistas vêm se apropriando do termo, adequando-o às suas necessidades e influenciando nas mudanças dos regramentos ambientais de acordo com suas conveniências.

Nos países em desenvolvimento e, especialmente no Brasil, Silva e Travassos (2008) elucidam que a institucionalização da questão ambiental urbana não apresentou reflexos concretos nas cidades. As autoras reforçam a distância considerável existente entre o discurso contido nas leis e normativas e a realidade socioambiental concreta das cidades, que resulta, dentre outros, da incapacidade de conceber políticas públicas que levem em conta não somente o efeito – degradação ambiental, social e

urbana –, mas também suas causas – as formas de produção do espaço urbano.

Perante a isso, observa-se que as cidades, não raro, nascem e crescem a partir de rios, por motivos óbvios, quais sejam, além de funcionar como canal de comunicação, os rios dão suporte a serviços essenciais, que incluem o abastecimento de água potável e a eliminação dos efluentes sanitários e industriais (ARAÚJO, 2002). Assim, na prática, as Áreas de Preservação Ambiental (APP) têm sido simplesmente ignoradas na maioria dos núcleos urbanos, realidade que se associa a graves prejuízos ambientais, como o assoreamento dos corpos d'água e a eventos que acarretam sérios riscos para as populações humanas, como as enchentes e os deslizamentos de encostas.

O Código Florestal atualizado pela Lei nº 12.651 de 2012 delibera normativas sobre as áreas protegidas com a função ambiental de preservar o meio ambiente (fauna e flora) assegurando o bem-estar dos cidadãos (BRASIL, 2012). Diante deste contexto, o presente estudo objetiva-se realizar a medição da metragem quadrada da área de preservação permanente (APP) de um curso d'água na cidade de Ijuí, localizada no Estado do Rio Grande do Sul, utilizando os conceitos do cálculo numérico através do Método dos Trapézios e da Primeira Regra de Simpson e verificar qual dos dois métodos utilizados mais se assemelha com a prática correta.

ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP)

No Brasil pode-se destacar variadas Leis e Decretos criados no âmbito ambiental, considerando como precursora o Decreto 23.793 de 1934 e a Lei 4.771 de 1965 que instituíram o Código Florestal Brasileiro, hoje revogadas e atualizadas pela Lei 12.651 de 2012 denominada Lei de Proteção da Vegetação Nativa e chamada de modo informal de "Novo Código Florestal" (BRASIL, 1934; 1965;

2012). Em um contexto histórico, a partir da Lei 6.938 de 1981 houve a criação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) dispendo sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, hoje regulamentada pelo Decreto 99.274 de 1990 (BRASIL, 1981;1990). Também se salienta a Constituição Brasileira de 1988, que possui especificidades de caráter ambiental, além da Lei nº. 7.735 de 1989 que cria o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (BRASIL, 1988;1989).

Após esse percurso histórico, com a instituição de tais leis e decretos, a gestão ambiental passou a ser integrada, visto que, até o momento, havia várias áreas que cuidavam da questão ambiental em diferentes ministérios e com diferentes visões, por vezes contraditórias. No Estado do Rio Grande do Sul, a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM) é a instituição responsável pelo licenciamento e fiscalização ambiental no Estado, sendo criada pela Lei 9.077 de 1990 e implantada em 1991 (RIO GRANDE DO SUL, 1990).

Ao longo desse período, entre as décadas de 1960 a 1990 surge o conceito de Área de Preservação Permanente (APP), com um regime de proteção extremamente rígido, inicialmente oficializado em 1965 com a criação do Código Florestal Brasileiro. Para Araújo (2002) as APPs são áreas nas quais, por imposição da lei, a vegetação deve ser mantida intacta, tendo em vista garantir a preservação dos recursos hídricos, da estabilidade geológica e da biodiversidade, bem como o bem-estar das populações humanas.

Deste modo, Ribeiro (2011) analisa que o novo Código Florestal possui em seu propósito a proteção de diversos elementos naturais que não apenas as árvores e as florestas, apesar de sua denominação. Em sua essência fundamental e objetivos principais, reafirma a preocupação de proteção dos recursos hídricos, encostas muito

declivosas, áreas topograficamente diferenciadas, ambientes costeiros, dentre outros. Segundo o atual Código Florestal, a APP pode ser entendida como uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

O Código Florestal apresenta dois tipos de APP, as criadas pela própria lei e as por ela previstas, mas que demandam ato declaratório específico do Poder Público para sua criação. O referido Código considera APP as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será: 1) de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura; 2) de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura; 3) de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura; 4) de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura e; 5) de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;

c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura;

d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;

e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;

f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

g) nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais e;

h) em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação (BRASIL, 2012).

Assim, as APPs por imposição da legislação vigente, abrangem espaços territoriais e bens de interesse nacional especialmente protegidos, cobertos ou não por vegetação, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012). Assim, Araújo (2002) reforça que as normativas que vigem hoje, relacionando APPs situadas em áreas urbanas devem observar:

a) a autorização compete ao órgão ambiental municipal, desde que o município possua conselho de meio ambiente com caráter deliberativo e plano diretor;

b) exige-se anuência prévia do órgão ambiental estadual. No mais, valem as regras gerais, ou seja, impõe-se procedimento administrativo próprio que comprove a utilidade pública ou o interesse social, bem como a inexistência de alternativa técnica ou locacional ao empreendimento proposto.

MÉTODOS NUMÉRICOS

As aplicações de métodos numéricos na Engenharia, busca solucionar problemas no meio físico através de levantamento de dados. Para Chapra e Canale (2011) os métodos numéricos são ferramentas poderosas na resolução de problemas, agrega grande número de equações e geometrias complicadas que são comuns na prática da engenharia.

Barroso et al. (1987) argumentam que na resolução de estudos práticos, nem sempre se obtém uma função que modelará o problema a ser estudado de forma analítica, e sim por meio de tabelas de pontos, o que dificulta o cálculo da integral desta função. Para calcular o valor da integral e resolver a situação problema, torna-se necessária a utilização de métodos numéricos. Ruggiero e Lopes (1996) afirmam que quando não é possível calcular a integral por métodos analíticos, mecânicos ou gráficos, então podemos recorrer ao método numérico, no qual pode trazer ótimos resultados.

A integração numérica propõe a substituição de uma função $f(x)$ por um polinômio de aproximação no intervalo $[a,b]$, onde o problema fica resolvido pela integração de polinômios. Neste trabalho a integral foi definida utilizando o método numérico dado pela Regra dos Trapézios e pela Primeira Regra de Simpson.

MÉTODO DOS TRAPÉZIOS

Neste trabalho adotou-se a regra composta dos trapézios, onde o intervalo de integração $[a, b]$ é subdividido em n subintervalos de amplitude h e a cada subintervalo aplica-se o método dos trapézios. A fórmula utilizada está apresentada na Figura 1 a seguir:

Figura 1. Fórmula para cálculo pelo método dos Trapézios

$$I = \frac{h}{2} (y_0 + 2y_1 + 2y_2 + \dots + 2y_{n-1} + y_n)$$

Onde:

I) é área que se deseja encontrar;

h) é a amplitude calculada por $h = \frac{b-a}{n}$ e y valores respectivos das ordenadas.

PRIMEIRA REGRA DE SIMPSON

De forma semelhante a Regra dos Trapézios composta, subdivide-se o intervalo de integração $[a, b]$

em n subintervalos iguais de amplitude h e a cada par de subintervalos aplica-se a Primeira Regra de Simpson. A fórmula utilizada está apresentada na Figura 2 a seguir.

Figura 5. Fórmula para cálculo pelo método de Simpson

$$I = \frac{h}{3} (y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + 2y_4 + \dots + 2y_{n-2} + 4y_{n-1} + y_n)$$

Onde:

I) é área que se deseja encontrar;

h) é a amplitude calculada por $h = \frac{b-a}{n}$ e y valores respectivos das ordenadas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo apresenta uma abordagem qualitativa e quantitativa, as quais são definidas por Hair Jr et al. (2005) como as que representam descrições de coisas sem a atribuição direta de números e são mensurações em que números são usados diretamente para representar as propriedades de algo, respectivamente.

Ainda, caracteriza-se como descritiva, que para Gil (2002), as pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre as variáveis e classifica-se como estudo de caso único, Yin (2001), define o estudo de caso como uma pesquisa empírica que averigua um fenômeno contemporâneo dentro do contexto da vida real, principalmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não são visivelmente evidentes.

A coleta de dados baseou-se em: a) pesquisa bibliográfica que foi executada para ter a base conceitual completa para sustentar a análise; b) pesquisa documental em documentos vinculados a área de estudo e; c) pesquisa de campo que ocorreu na organização, afim de familiarizar com o ambiente e coletar informações não elucidadas nas demais coletas

de dados. As análises dos dados foram efetivadas por meio dos softwares AutoCad, Microsoft Excel e MatLab.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O curso d'água escolhido é um córrego irregular localizado nos Bairros Industrial e Morada do Sol da área urbana da cidade de Ijuí, localizada na região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, sendo que o próprio córrego é o limite entre os dois Bairros. A escolha do objeto para a investigação levou em consideração o comprometimento da APP do referido córrego. O quarteirão está situado entre a Rua Professora Luiza Hermel ao norte, Rua Armando Goi ao sul, Rua Osvaldo Rieck a oeste e Rua Dorival Marcos de Carvalho a leste conforme pode ser observado na Figura 3 abaixo.

Figura 3. Imagem aérea do entorno

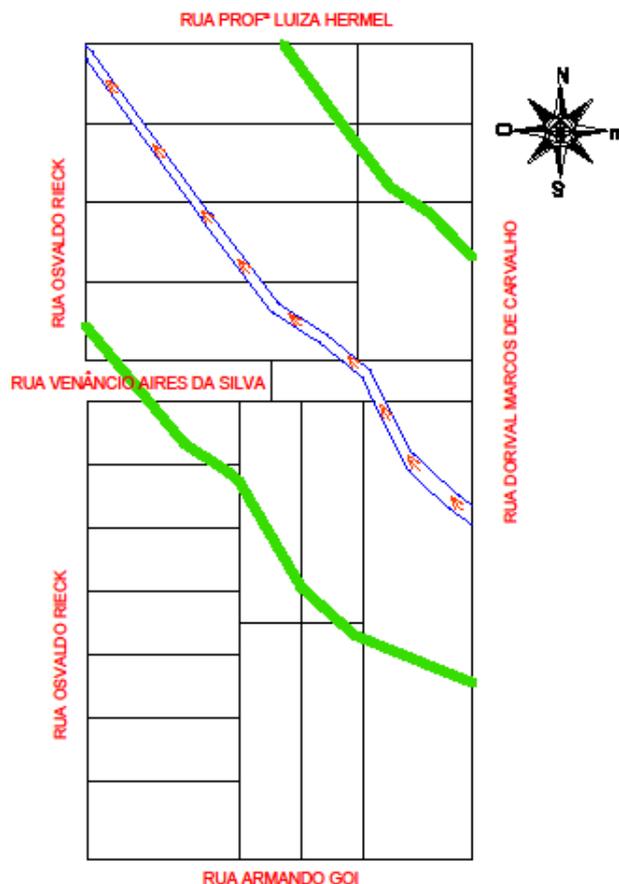


O início do estudo efetivou-se com uma visita ao local verificando as condições do córrego e dos arredores. Devido ao terreno íngreme e à presença de muita vegetação, não foi possível realizar a medição da largura de todo o leito do rio, portanto, estas informações foram obtidas a partir de arquivo modelo do *Software* AutoCad disponível no Anexo do Plano Diretor Participativo da cidade de Ijuí, conforme demonstrado na Figura 4 que demonstra o quarteirão dividido em lotes, sentido do córrego e a delimitação

da APP. Nos primeiros 15,9 metros de comprimento, o córrego apresenta largura de 3,00 metros, a seguir, nos próximos 60,10 metros estreitava-se para 2,00 metros de largura e nos 37,00 metros posteriores até o fim do quarteirão, o curso apresenta largura de 1,70 metros.

O Código Florestal Brasileiro estabelece como APP as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de 30 metros, para os cursos d'água de menos de 10,00 metros de largura. De acordo com a Lei, foi traçada a área de preservação do respectivo córrego com uma distância de 30,00 metros em cada margem. Como as margens do curso d'água são irregulares, a APP também se apresentou como uma figura irregular, com término nos limites do quarteirão.

Figura 4. Planta de Situação



Diante do exposto, o sentido do fluxo do córrego inicia-se a sudeste do quarteirão e parte para

noroeste. As linhas destacadas na cor verde delimitam a APP do córrego, comprometendo grande parte do quarteirão como um todo. O trecho mais largo do curso d'água está situado no limite sudeste do córrego com o quarteirão e o trecho mais estreito, no limite noroeste. Toda a área situada entre as linhas da APP não pode servir para o uso de edificações através da construção civil, portanto, esta é a área que se objetiva elucidar para descobrir quanto do quarteirão em análise está comprometido, ou seja, está em área considerada inválida para qualquer tipo de construção.

MEDIÇÃO DA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP)

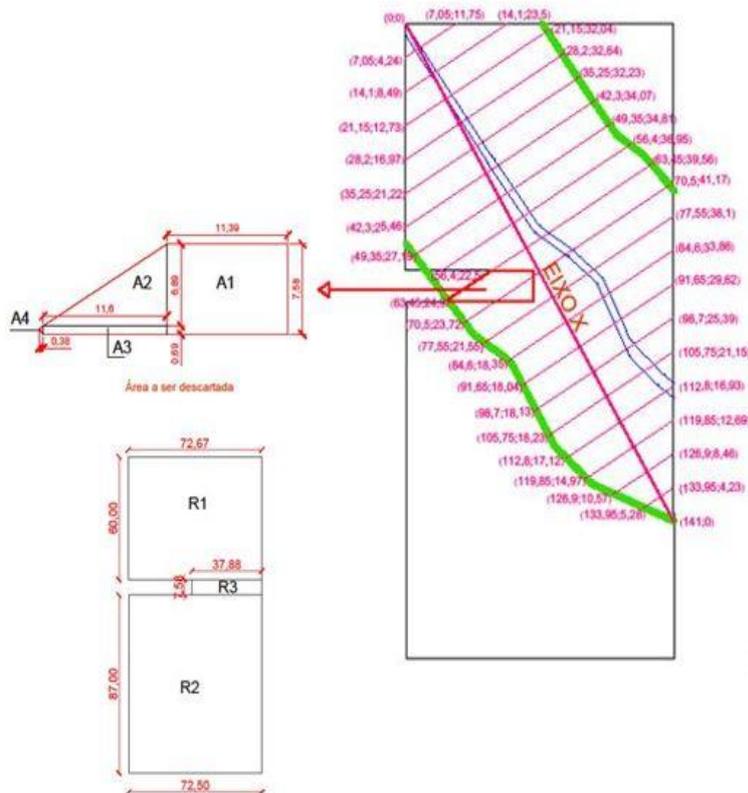
A partir da análise da Figura 2, obtida com a delimitação da APP do córrego considerando os limites irregulares, é necessário, portanto, a aplicação de modelos matemáticos para a resolução do objetivo dessa investigação. Assim, optou-se em calcular a área da figura através dos cálculos numéricos utilizando pelo Método dos Trapézios e pela Primeira Regra de

Simpson, afim de comparar os resultados e optar pelo que mais se aproxima da solução real.

Tendo como base o princípio do cálculo de áreas por métodos numéricos, traçou-se uma linha passando pelas duas extremidades da APP de modo que seja possível, a partir dela, alcançar todos os pontos da figura. Essa linha chamamos de "eixo x". Seu comprimento total, a partir de dados do *Software* AutoCad, é de 141,2063 metros. Para efeitos de cálculo, arredondou-se essa medida para 141,00 metros de comprimento.

Como tanto o método dos Trapézios quanto a Primeira Regra de Simpson trabalham com subdivisões de igual intervalo no "eixo x", dividiu-se os 141,00 metros do eixo em 20 subintervalos de 7,05 metros de comprimento cada. Dessa forma, estabelecendo que o valor "h" seria de 7,05 metros. A partir do "eixo x", criou-se linhas perpendiculares a ele com término nas extremidades da APP marcada na figura. Então, foram medidos os comprimentos de cada linha e estabelecidos os pares ordenados que seriam utilizados nas fórmulas conforme a Figura 3

Figura 5. Medidas e delimitação dos eixos do quarteirão para cálculo de área total e da área a ser descartada



que apresenta a delimitação dos eixos para cálculo da área ocupada pela APP e as medidas do quarteirão para cálculo de área.

Como o quarteirão apresenta uma rua de prolongamento até aproximadamente a metade de sua largura e duas linhas precisam, necessariamente, cruzá-la para que seja estabelecido o comprimento correto, a área delimitada por este trecho da rua deve ser descartada, como mostra a Figura 3. Descartou-se a área da rua porque o objeto de interesse é a área do quarteirão comprometida pela APP.

Após estabelecidos os pontos, pode-se organizá-los de acordo com a Tabela 1 abaixo.

Tabela 1. Coordenadas dos pontos

i	X	Y1	Y2
1	0	0	0
2	7,05	11,75	4,24
3	14,1	23,5	8,49
4	21,15	32,04	12,73
5	28,2	32,64	16,97
6	35,25	32,23	21,22
7	42,3	34,07	25,46
8	49,35	34,81	27,19
9	56,4	36,95	22,5
10	63,45	39,56	24,9
11	70,5	41,17	23,72
12	77,55	38,1	21,55
13	84,6	33,86	18,35
14	91,65	29,62	18,04
15	98,7	25,39	18,13
16	105,75	21,15	18,23
17	112,8	16,93	17,12
18	119,85	12,69	14,97
19	126,9	8,46	10,57
20	133,95	4,23	5,28
21	141	0	0

Inicialmente, optou-se em calcular a área do quarteirão descontando a área da rua que o corta. Assim, dividiu-se em três retângulos, visto que ele

apresenta forma irregular, e calcular a área de cada um. O retângulo 1 corresponde ao fragmento de quarteirão de cima, o retângulo 2 corresponde ao fragmento de quarteirão de baixo e o retângulo 3 corresponde ao trecho situado entre os dois fragmentos. Desta forma:

$$A_{\text{retângulo}} = \text{base} \times \text{altura}$$

$$A_{\text{retângulo1}} = 72,67\text{m} \times 60\text{m} = 4360,2 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{retângulo2}} = 72,5\text{m} \times 87\text{m} = 6307,5 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{retângulo3}} = 37,88\text{m} \times 7,58\text{m} = 287,13 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{quarteirão}} = A_{\text{retângulo1}} + A_{\text{retângulo2}} + A_{\text{retângulo3}} = 4360,2 \text{ m}^2 + 6307,5 \text{ m}^2 + 287,13 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{quarteirão}} = 10954,83 \text{ m}^2$$

Tendo a área do quarteirão, é necessário encontrar a área ocupada pela APP. Para isso, utilizou-se a tabela de pontos acima, as fórmulas de cada método e os programas computacionais criados para sua resolução.

MEDIÇÃO PELO MÉTODO DOS TRAPÉZIOS

O método dos trapézios utiliza o critério de substituir a função encontrada entre dois pontos por uma reta. Com o auxílio do programa criado e executado em MatLab para determinação da área pela regra dos Trapézios a partir de um determinado número de pontos, encontramos a área da porção acima do eixo X, denominada I_1 , e da porção abaixo do eixo X, denominada I_2 , e realizamos o seu somatório. Assim, a área de I_1 resultou em 3589,5075 m^2 , I_2 resultou em 2324,103 m^2 , com uma área total de 5913,6105 m^2 .

O valor de 5913,6105 m^2 corresponde à toda a área ocupada pela APP no quarteirão, inclusive com o trecho da rua junto. Agora é preciso descontar a área do desenho em detalhado na Figura 3.

Como mostrado, a figura subdivide-se em dois retângulos (A_1 e A_3) e dois triângulos (A_2 e A_4). Assim:

A_1 e A_3 = base x altura

$$A_1 = 11,39\text{m} \times 7,58\text{m} = 86,3362 \text{ m}^2$$

$$A_3 = 11,6\text{m} \times 0,69\text{m} = 8,004 \text{ m}^2$$

A_2 e A_4 = (base x altura) / 2

$$A_2 = (11,6\text{m} \times 6,89\text{m}) / 2 = 39,962 \text{ m}^2$$

$$A_4 = (0,38\text{m} \times 0,69\text{m}) / 2 = 0,1311 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{descontada}} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = 86,3362\text{m}^2 + 8,004\text{m}^2 + 39,962\text{m}^2 + 0,1311\text{m}^2$$

$$A_{\text{descontada}} = 134,4333 \text{ m}^2$$

Encontrada a área a ser descontada, deve-se retirá-la da área total. Então:

$$A_{\text{real}} = \text{TOTAL} - A_{\text{descontada}} = 5913,6105 \text{ m}^2 - 134,4333 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{real}} = 5779,1772 \text{ m}^2$$

A área real é, de fato, a área ocupada pela APP do córrego no quarteirão, sem contar sua porção na rua. Pode-se afirmar, que dos 10.954,83 m² do quarteirão, 5.779,1772 m² estão ocupados pela área de preservação ambiental.

MEDIÇÃO PELA PRIMEIRA REGRA DE SIMPSON

O método de Simpson utiliza o critério de substituir a função encontrada entre dois pontos por uma função de 2º grau, ou seja, uma parábola. Com o auxílio do programa criado e executado em MatLab para determinação da área pela Primeira Regra de Simpson a partir de um determinado número de pontos encontrou-se a área da porção acima do eixo X, denominada I_1 , e da porção abaixo do eixo X, denominada I_2 , e realizou-se o seu somatório. Assim, I_1 resultou em 3597,051 m² e I_2 resultou em 2340,647 m², tendo uma área total de 5937,698m². Encontrou-se o valor de 5.937,698 m² de APP ocupando o quarteirão pela Primeira Regra de Simpson. Como antes, é necessário descontar a área da porção da rua. Então:

$$A_{\text{real}} = \text{TOTAL} - A_{\text{descontada}} = 5.937,698 \text{ m}^2 - 134,4333 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{real}} = 5.803,2647 \text{ m}^2$$

Pela Primeira Regra de Simpson, encontrou-se que, dos 10.954,83 m² de quarteirão, 5803,2647 m² estão ocupados pela APP. Para saber qual dos dois resultados se aproxima mais do real, também foi verificada a área ocupada pela APP no quarteirão pelo *Software AutoCad*.

Tabela 2. Comparação de resultados elucidados

ÁREA	m ²
AutoCad	5.777,0648
Trapézios	5.779,1772
Simpson	5.803,2647

Os dois métodos apresentaram resultados semelhantes, porém, o obtido pela Primeira Regra de Simpson teve um distanciamento maior em relação à solução real.

CONCLUSÃO

A APP foi criada para delimitar o terreno que fica comprometido pela instabilidade que a nascente ou o córrego pode gerar no solo, e a construção em terrenos com presença de água se torna muito perigoso. Diante do exposto, é necessário entender o distanciamento que ocorre devido ao grande passivo socioambiental existente nas áreas urbanizadas, onde problemas de invasão, ocupação e degradação socioambiental estão e vão muito além da capacidade de seu equacionamento.

Os métodos numéricos são a melhor opção para situações em que se torna difícil fazer um cálculo exato, auxiliando para chegar o mais próximo possível da solução analítica. Nesse caso o resultado encontrado pela Primeira regra de Simpson teve uma aproximação não muito próxima do esperado, de

5777,0648 m² foi encontrado 5779,1772 m², apresentado um erro de 26,1999 m², já o método de Trapézios teve uma aproximação satisfatória, de 5777,0648 m² foi encontrado 5779,1772 m², comprovando a eficiência do método que apresentou um erro de 2,1124 m² a mais no somatório.

Pode-se concluir que, o método que mais se aproxima da solução real é o método dos Trapézios, o que pode ser explicado pelo comportamento quase linear do córrego em alguns pontos. Após a conclusão das áreas finais do quarteirão e da área de preservação, percebemos que a APP ocupa aproximadamente 52,75%, ou seja, mais da metade do terreno inteiro é comprometido pela presença do córrego, fazendo com que toda essa área não possa ser usada para construção.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, S. M. V. G. As áreas de preservação permanente e a questão urbana. **Câmara dos Deputados: Meio Ambiente e Direito Ambiental, Organização Territorial, Desenvolvimento Urbano e Regional**, Brasília / DF, p. 01-13, ago. 2002.

BARROSO, L. C. ET al. **Cálculo numérico com aplicações**. São Paulo: Harbra Ltda, 1987.

BRASIL. Decreto n. 23793, de 23 de jan. de 1934. Aprova o Código Florestal que com este baixa [...]. **Aprova**. Brasília / DF, p. 01-11, jan. 1934. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-23793-23-janeiro-1934-498279-publicacaooriginal-78167-pe.html>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

_____. Lei n. 4771, de 17 de set. de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Institui**. Brasília / DF, p. 01-05, set. 1965. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4771-15-setembro-1965-369026-publicacaooriginal-1-pl.html>>. Acesso em: 18 mai. 2018.

_____. Lei n. 6938, de 31 de ago. de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras

providências. **Dispõe**. Brasília / DF, p. 01-15, ago. 1981. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=313>>. Acesso em: 18 mai. 2018.

_____. Constituição (1988). Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 05 out. 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 24 mai. 2018

_____. Lei n. 7735, de 22 de fev. de 1989. Dispõe sobre a extinção de órgão e de entidade autárquica, cria o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis e dá outras providências. **Dispõe**. Brasília / DF, p. 01-02, fev. 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17735.htm>. Acesso em: 18 mai. 2018.

_____. Decreto n. 99274, de 06 de jun. de 1990. Dispõe, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências. **Dispõe**. Brasília / DF, p. 01-05, jun. 1990. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/antigo/sd99274.htm>. Acesso em: 18 mai. 2018.

_____. Lei n. 12651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Dispõe**. Brasília / DF, p. 01-08, maio. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 18 mai. 2018.

CHAPRA, S. C.; CANALE, R. S. **Métodos Numéricos para Engenharia**. 5. ed. São Paulo: AMGH, 2011.

FRANCO, N. M. B. **Cálculo Numérico**. São Paulo: Prentice-Hall, 2006.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HAIR Jr., J.F.; BABIN, B.; MONEY, A.H.; SAMOUEL, P. **Fundamentos de métodos de pesquisa em administração**. Tradução Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2005.

RIBEIRO, G. V. B. A origem histórica do conceito de Área de Preservação Permanente no Brasil. **Revista Thema**, Pelotas / RS, v. 08, n. 01, p. 01-13, jan. 2011.

RIO GRANDE DO SUL. Lei n. 9077, de 04 de jun. de 1990. Institui a Fundação Estadual de Proteção Ambiental e dá outras providências. **Institui**. Porto Alegre / RS, p. 01-04, jun. 1990. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br/FileRepository/repLegisCo>

mp/Lei%20n%C2%BA%2009.077.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2018.

RUGGIERO, M. A. G.; LOPES, V. L. R. **Cálculo Numérico: Aspectos Teóricos e Computacionais**. 2. ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 1996.

SILVA, L. S. e; TRAVASSOS, L. Problemas ambientais urbanos: desafios para a elaboração de políticas públicas integradas. **Cadernos Metrópole**, São Paulo / SP, v. 01, n. 19, p. 01-23, jan. 2008.

YIN, R.K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Tradução de Daniel Grassi. Porto Alegre: Bookman, 2001.