

City information modeling (CIM) applied to urban planning: the urban indicator of reachness

Teane da Silveira Cavalcante¹, Daniel Ribeiro Cardoso², Carlos Eugênio Moreira de Sousa³, João Victor Mota Alexandrino⁴, Rebeca Freitas Fiúza⁵

¹ Universidade Federal do Ceará, Brasil
teanecavalcante@arquitetura.ufc.br

² Universidade Federal do Ceará, Brasil
danielcardoso@ufc.br

³ Universidade Federal do Ceará, Brasil
eugeniomoreira@daud.ufc.br

⁴ Universidade Federal do Ceará, Brasil
joaoevictormotaa@arquitetura.ufc.br

⁵ Universidade Federal do Ceará, Brasil
rebeca.ffiuzza@gmail.com

Abstract. This work is part of an extension and investigation project dedicated to studying solutions related to urban, social and economic innovation with the purpose of developing a Health Innovation District (HID). Purposing to define the HID's intervention area, a group of urban indicators was developed and categorized in four layers: reachness, integrability, use diversity and social validation. This article will explain the first layer: reachness. To achieve this, it aims to appropriate a generic framework that incorporates 1) a Relational Database Management System (PostgreSQL), 2) a Geographic Information System (QGIS) and 3) a CAD software associated to an algorithmic modelator (Rhinoceros3D + Grasshopper3D), associated to computer solutions to assess if the shortest way possible between the residential lots and the points of interest has an adequate distance.

Keywords: City Information Model, Urban Planning, Urban Indicators, Parametric Analysis

1. Introdução

O planejamento urbano atento reconhece no projeto um instrumento de manifestação do fenômeno urbano, cuja complexidade é intrínseca aos agentes, lugares, circunstâncias e acontecimentos (Ascher, 2010). Como parte de um projeto que delimita uma área de intervenção para a implantação

de um distrito de inovação em saúde em Fortaleza, Brasil, Viva@Porangabussu, a pesquisa a seguir trabalha os aspectos lugar e circunstância, constituindo uma investigação sobre como a modelagem da informação da cidade (CIM) ampara o planejador urbano na elaboração de uma ferramenta que estuda o deslocamento na malha urbana.

Partindo de Ascher (2010), é considerado que é necessário uma reformulação da arquitetura institucional e da elaboração de dispositivos estatais com escalas flexíveis - o autor afirma que a modernização, a partir da substituição progressiva da tradição pela razão nas tomadas de decisão, conduz a uma "refletividade" que exige a análise constante das práticas sociais, a partir de informações produzidas delas. Tal referência traduz-se, neste trabalho, na demanda de uma ferramenta que delimita a área do projeto embasada por dados. Assim, como uma maneira de converter dados em informação, o desenvolvimento de um indicador é apontado como solução. Para Jannuzzi (2017), os indicadores sociais permitem a operacionalização de uma demanda e apontam termos operacionais às dimensões sociais de interesse a partir de escolhas realizadas anteriormente.

A formalização do indicador é amparada, fundamentalmente, nos conceitos (1) da sintaxe espacial de Hillier e Hanson (1984) - que busca descrever a ordenação urbana e as relações público privado através de análises quantitativas elucidando características urbanas como a acessibilidade e o uso do solo; (2) do Spatial Capital de Marcus (2007; 2010) - que constitui um processo de medir variações na urbanidade como uma categoria socioespacial buscando aferir o quanto aquela diversidade local pode ser acessível à cidade; (3) e o iCam 2.0, índice de caminhabilidade proposto pelo Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP Brasil) em parceria com o Instituto Rio Patrimônio da Humanidade (IRPH) e a Pública Arquitetos, voltado para a análise da qualidade dos passeios para os pedestres, avaliando questões como segurança viária, atracão, qualidade das calçadas, mobilidade, meio ambiente e segurança pública (ITDP, 2016).

O trabalho apresentado é parte de uma pesquisa de mestrado que visa a construção de um indicador composto para aferir a atratividade do espaço urbano para a implantação de Distrito de Inovação da Saúde (DIS) que, para fins didáticos, é dividido em quatro etapas, e são elas: alcançabilidade, integrabilidade, diversidade de usos e validação social.

Antes de abordar o trabalho em si é necessário definir o que é um Distrito de Inovação, para tal adotaremos o conceito de Mineiro & Castro, 2020 que define Distrito de Inovação como um habitat voltado para a interação entre empresas, universidade, Poder Público e comunidade com a intenção de gerar inovação tecnológica. No caso do estudo apresentado, o Distrito é voltado exclusivamente para inovações em saúde, recebendo a terminologia de Distrito de Inovação da Saúde (DIS).

O trabalho em questão irá abordar a construção e formalização da alcançabilidade, onde os autores buscam se apropriar de um framework genérico associado a soluções computacionais para aferir se o menor percurso possível entre os lotes residenciais e pontos de interesse possui

uma distância adequada de percurso, através de análises críticas de métricas de pesquisadores já consagrados como Gehl (2013), Moretti (1997), Gouveia (2008), Ferraz (2004) e Pitts (2007), além de aferir, também, a qualidade e segurança dos passeios que compõem os percursos.

Para a aferição das distâncias entre dois pontos, é preciso determiná-los: as origens serão os lotes dentro de um raio de análise; já os destinos, serão constituídos por pontos de interesse coletivo compostos por equipamentos, instalações e áreas verdes. A aferição proposta acontece dentro de um framework que incorpora (1) um Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional (PostgreSQL), (2) um Geographic Information System (QGIS) e (3) um software CAD associado a um modelador algorítmico (Rhinoceros3D + Grasshopper3D). Dentro desse modelador, o complemento Carcará, desenvolvido pelo Laboratório de Experiências Digitais (LED_UFC), possibilita a estruturação de um algoritmo que manipula os dados geométricos da cidade, realiza os cálculos de distância e os armazena como tabela no banco de dados para futuras iterações.

Após a produção e tratamento desses dados, é possível empregá-los na elaboração de mapas de calor que apresentam a alcançabilidade dos pontos de interesse, oferecendo a possibilidade de visualizar lacunas de cobertura na forma de lotes desprovidos de acesso segundo as métricas adotadas.

Por fim, é discutido como as soluções computacionais podem ser relevantes ao planejamento urbano, como elas podem ressignificar não apenas o papel do planejador, mas ainda suas competências, e como essas soluções podem nos distanciar da atuação fundamentada em experiências prévias nem sempre tão correlatas.

2. Materiais e Métodos

1. Condições do estudo

O trabalho em questão foi desenvolvido em 2021 e surgiu da necessidade de delimitar um perímetro para o desenvolvimento do Distrito de Inovação da Saúde de Fortaleza, que irá se estabelecer nas imediações do bairro Porangabussu – conhecido por abrigar o campus de saúde da Universidade Federal do Ceará (UFC).

É importante destacar que durante o período de desenvolvimento da pesquisa, o mundo passava por períodos de lockdown devido à pandemia de COVID-19, o que inviabilizou as coletas de dados em campo. Desse modo, a aferição dos elementos qualitativos realizada pelos pesquisadores nem sempre pôde contar com dados de levantamentos direcionados, seja porque eles não foram realizados pelo poder público ou porque seus resultados não chegaram a ser disponibilizados por tal. As fontes dos dados obtidos compreenderam as secretarias municipais responsáveis e os próprios autores, através da manipulação conjunta dos dados primários para obter novos dados e informação.

2. Conceitos

O indicador de alcançabilidade analisa, dentro de um padrão mínimo de qualidade, a acessibilidade do lote a pontos de interesse (POI) predeterminados e categorizados como no quadro 1.

Quadro 1. Organização dos POI por classe e categoria, com alcances adequados.

Classe	POI	Raio	Fonte
InSTRUÇÃO	ens. infantil	500m	Moretti (1997)
	ens. fundamental	800m	Moretti (1997)
	ens. medio	3000m	Gouvea (2008)
	ens. superior	1250m	Plano de Paris
Saúde	atenção primária	1000m	Gouvea (2008)
	atenção secundária	2000m	Moretti (1997)
	atenção terciária	regional	Moretti (1997)
Instalação	serviço	500m	Gehl (2013)
	comércio		
	templo		
Mobilidade	ponto de ônibus	300m à 500m	Ferraz (2004)
	estação de metrô		
	estação bicicletar		
Lazer	praça e jardim	600m	Gouvea (2008)
	parque municipal	2400m	Gouvea (2008)
	equip. desportivo	2000m	Pittis (2004)

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

A análise é executada na escala dos lotes, através do traçado dos percursos que ligam o lote em questão aos representantes do POI sendo analisado, respeitando a malha viária – o caminho de dimensão mais curta é selecionado e avaliado em comparação ao raio de cobertura do POI, definido pelos pesquisadores com base em autores de referência.

3. Ferramentas

Para Beirão e Cardoso (2018), a espacialização de um conjunto sólido de dados, além da sua correta utilização, condiciona a execução de análises do espaço urbano. A espacialização da informação necessária a essas análises é possível através de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), mas não faz parte do seu desenvolvimento técnico o registro das transformações e operações de projeto. Para essa demanda, surge o CIM (city information modeling), um modelo digital da cidade que estaria apto a simular aspectos e fenômenos da cidade (Khemlani, 2016). Beirão e Arrobas (2013), com contribuições de Sousa (2018), descrevem CIM essencialmente como um framework, composto por um sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) informando um SIG e por uma interface de modelagem que surge a partir da associação entre um software CAD e uma interface visual de programação (IVP) (Fig. 1).

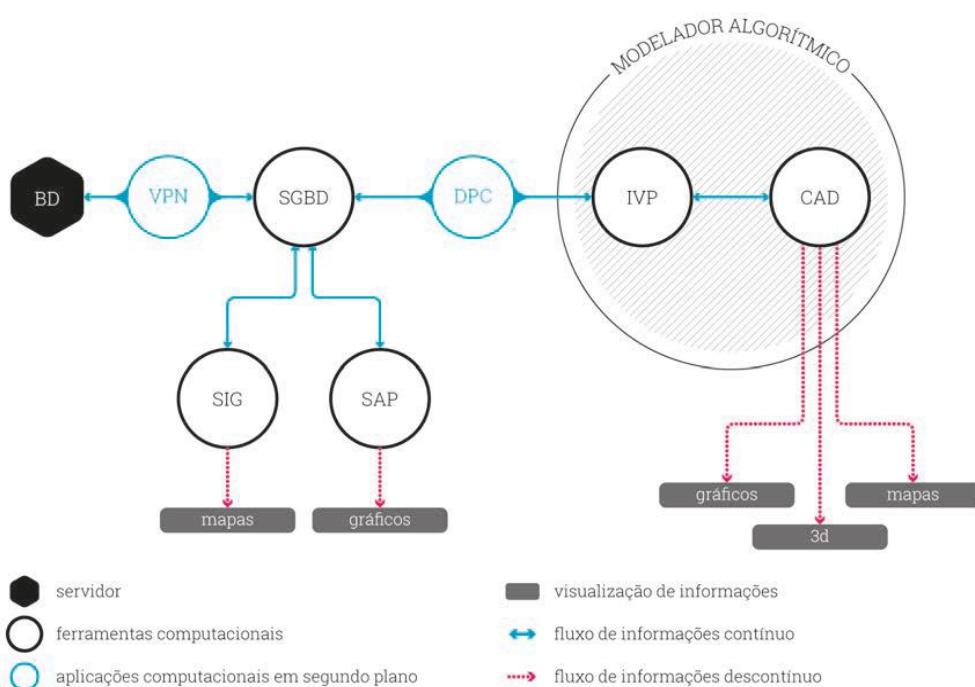


Figura 1. Estrutura do framework descrito. Fonte: Adaptado de Sousa (2018).

O SGBD centraliza todos os dados coletados, além de possuir funções que facilitam a gestão de projetos – a partir dele, é possível acessar os dados local ou remotamente, definir permissões específicas para usuários que acessam o banco, realizar consultas e análises de maneira nativa, além de poder incorporar dados de diferentes tipos que podem ser coletados por diferentes fontes (Gil et al., 2011). A plataforma utilizada, PostgreSQL, é uma ferramenta que possui código aberto e conta com uma conexão nativa com o QGIS, a ferramenta SIG adotada pelos autores (também de código aberto) que permite a execução de análises simples e a elaboração de mapas. A infraestrutura para a construção e segurança do banco é garantida pela Secretaria de Tecnologia da Informação (STI) da Universidade Federal do Ceará (UFC) e o acesso remoto seguro é viabilizado através de uma virtual private network (VPN).

O modelador algorítmico, no framework dos autores, é composto pelo software CAD Rhinoceros 3D e sua IVP nativa, Grasshopper 3D. Dentro da IVP, o plugin Carcará desenvolvido pelo LED_UFC é capaz de se comunicar com o banco de dados e oferece uma série de funções de consulta e manipulação de dados que ajudam a suprir a necessidade de programar em SQL.

4. Método

Para diversos autores como Spolidoro (1997), Lunardi (1997), Audy (2017), dentre outros, a relação com as universidades é fundamental para o sucesso de um distrito de inovação. Para Audy (2017) as Universidades assumem o papel de atuarem como vetores do desenvolvimento econômico e social da sociedade, ampliando suas missões básicas, de ensino e pesquisa. Assim, devido ao grande papel desempenhado pelas universidades foi estabelecido que a área de influência seria traçada a partir dos edifícios universitários ligados à saúde – por se tratar de um ambiente de inovação da saúde.

O passo seguinte foi estabelecer uma métrica e para tal foi destacado o conceito de cidades caminháveis trabalhados em diversos planos municipais como o Plano de Paris com “ville de quart d'heure” e o Plano Fortaleza 2040 que prevê uma série de benefícios com cidades acessíveis a uma caminhada de 15 ou 10 minutos respectivamente. Dessa maneira foi estabelecido um raio de 1250m – equivalente a 15 minutos de caminhada (Figura 2).

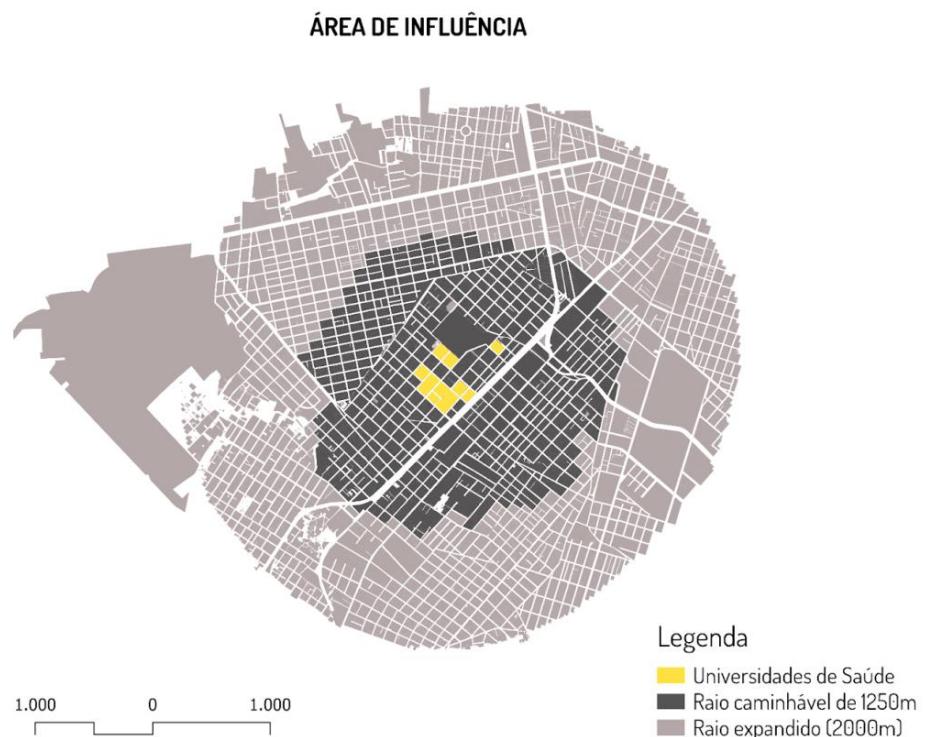


Figura 2. Delimitação do raio de influência do objeto. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Após a definição da área de influência é iniciado o cálculo das distâncias através do framework adotado. O algoritmo utilizado transforma os eixos das vias em vértices de grafos e determina, primeiramente, o menor caminho do lote selecionado para *todas* as ocorrências do POI em análise – com todas as distâncias medidas e ordenadas, é possível selecionar a mais curta e, consequentemente, ocorrência do POI mais próxima.

Com a coleta dos dados e sua sintetização em uma planilha foram classificados os percursos aceitáveis, atribuindo 1 para adequado e 0 para inadequado, dentro das distâncias estabelecidas anteriormente e realizado uma média aritmética por grupo (educação, saúde, mobilidade, institucional e lazer) e finalizando com a alcançabilidade quantitativa que resulta na somatório das notas parciais (de cada categoria dos POI) dividido por cinco:

$$\text{Alc quanti} = (\sum \text{Alc parc})/5$$

Onde:

Alc quanti: Alcançabilidade quantitativa;

$\sum \text{Alc parc}$: Somatório da alcançabilidade por segmento dos POI

Após o cálculo dos aspectos quantitativos foram adicionados alguns elementos para aferir algum grau de qualidade dos percursos calculados. Nesse ponto é investigado o alcance dos lotes dentro de um padrão mínimo de qualidade dos percursos. Para isso foi buscado no iCam 2.0 (ITDP, 2016) métodos e métricas para tal cálculo das condições do espaço urbano através da ótica do pedestre. O índice é dividido em seis categorias que atribuem uma pontuação de 0 à 3 (insuficiente à otimo) de acordo com as condições encontradas no percurso.

Para aplicação do iCam em sua totalidade é necessário coleta de dados em campo, entretanto, devido às especificidades do trabalho e a extensão do recorte, o estudo em questão se deteve a dados já existentes e disponibilizados pelas secretarias municipais de Fortaleza, acarretando no uso do índice apenas como uma referência.

Dessa maneira, ao considerar a composição do iCam 2.0 e os dados disponibilizados foi selecionado como elementos qualitativos relacionados à alcançabilidade a presença de calçada, presença de iluminação pública e arborização nas calçadas, pois de acordo com índice de caminhabilidade do ITDP tem relação direta com a segurança viária, segurança pública e ambiente.

Após o processamento desses dados foi atribuído 1 para presença dos elementos e 0 para ausência dos mesmos para a realização de uma média aritmética entre os elementos (calçada, iluminação e arborização):

$$\text{Alc quali} = (\text{Pres cal} + \text{Pres ilu} + \text{Pres arb})/3$$

Onde:

Alc quali: Alcançabilidade qualitativa;

Pres cal: Presença de calçada

Pres ilu: Presença de iluminação pública

Pres arb: Presença de arborização nas calçadas

Nesse ponto é importante salientar que o trabalho apresentado é parte de um indicador composto que visa aferir a atratividade em DIS, assim, para o estudo, aspectos qualitativos e quantitativos possuem o mesmo peso. Dessa maneira é realizada uma média aritmética entre Alcançabilidade quantitativa e Alcançabilidade qualitativa para encontrar o indicador Alcançabilidade.

3. Resultados

A seguir é apresentado o resultado gráfico da Alcançabilidade que pode variar de 0 à 1, onde 0 indica o pior nível de alcançabilidade possível e 1 indica alcançabilidade plena (Figura 3).

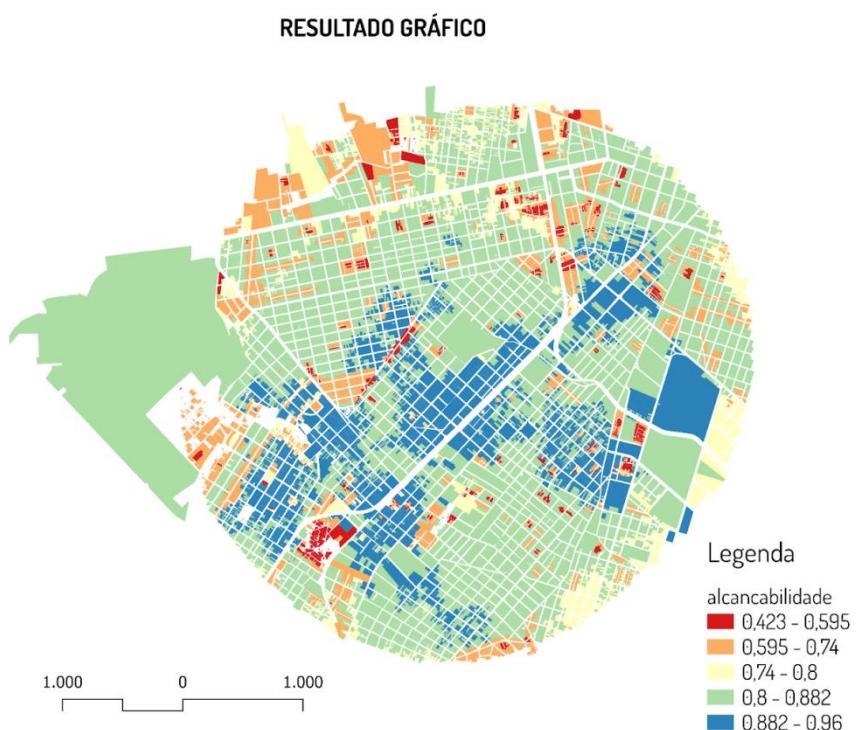


Figura 3. Resultado gráfico Alcançabilidade. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Após a configuração do indicador, com o objetivo de estabelecer o perímetro para o DIS, a equipe realizou um recorte que será sobreposto aos recortes das outras etapas (integrabilidade, diversidade de usos e validação social) para enfim delimitar a área de implantação do DIS. A Seguir será demonstrado como foi realizada tal seleção.

Para se alcançar a excelência de um ambiente de inovação é primordial a facilidade de acesso aos POI com o intuito de minimizar viagens realizadas em modais não sustentáveis. Para tanto foi estabelecido como nota de corte a alcançabilidade 0,8, visto que nem todos os habitantes e frequentadores do DIS precisarão acessar todas as classes de POI, dessa maneira cada lote com alcançabilidade menor que 0,8 não estará apto para o perímetro caso se encontrem nas extremidades do polígono, ou permaneceram com indicação

de construção de novos POI que serão destacado ao concluir o estudo. Prezando a uniformidade do polígono serão excluídas as quadras da extremidade da poligonal com a maioria de lotes com a alcançabilidade menor que 0,8 (Figura 4).

$$\text{Se } \text{Alc} \leq 0,8, \text{ cqe} \rightarrow \text{eq}; \\ \text{cli} \rightarrow \text{ir}$$

Onde:

Alc total: Alcançabilidade total;
 qe: quadra de extremidade;
 li: lote interno;
 eq: exclusão da quadra;
 ir: indicação de reforma.

RESULTADO GRÁFICO

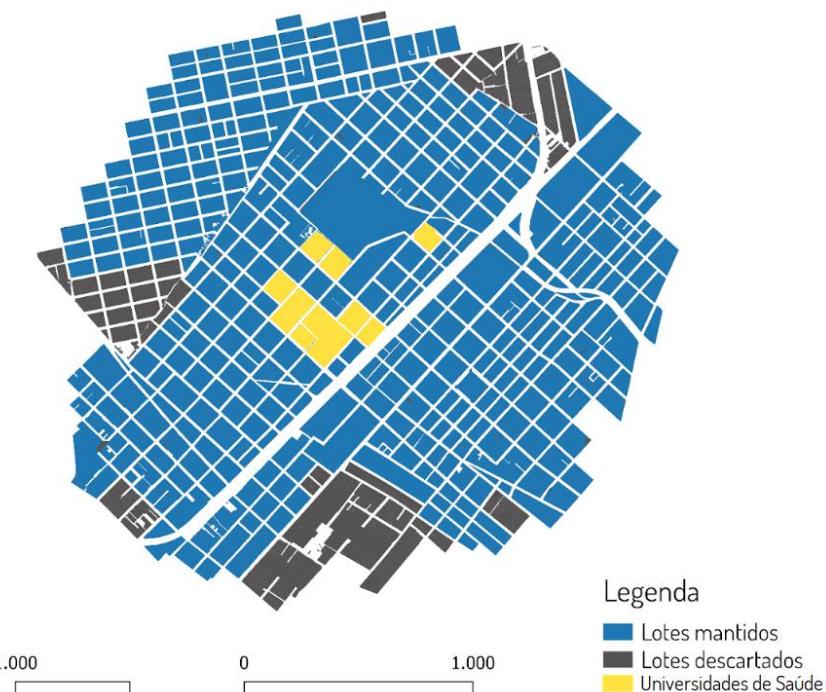


Figura 4. Resultado gráfico pós nota de corte. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

4. Conclusão

O trabalho aqui demonstrado tratou-se de uma etapa para construção de um *indicador de atratividade* para delimitação de um DIS - decomposto em *Alcançabilidade, Integrabilidade, Diversidade e Validação Social* - e somente ao final de todo processo é possível delimitar o perímetro do objeto em estudo e traçar parâmetros comparativos para ambientes semelhantes.

Mesmo se tratando de uma janela parte de uma pesquisa maior, a formulação do *indicador Alcançabilidade* demonstrou a possibilidade de um planejamento para cidade através do CIM, ao manipular, processar e armazenar dados urbanos, além de registrar todo o processo para futuras iterações através do plugin Carcará.

O estudo também contribui com o debate sobre a viabilidade do CIM em políticas públicas. A aplicação do indicador, apesar de ainda inicial, já corresponde a uma evolução em relação às decisões de projeto, já que, diferente de outros casos ocorridos dentro do próprio desenvolvimento do DIS, utiliza-se de parâmetros técnicos para a definição do perímetro.

Além disso, o *indicador Alcançabilidade* aponta um esforço para uma construção de parâmetros, índices e indicadores que contemplem tanto aspectos quantitativos como qualitativos imersos em um ambiente CIM. Porém é importante ressaltar que não somente a Alcançabilidade, mas também o *indicador de atratividade*, são passíveis de ensaios para extenuar possíveis dúvidas de viabilidade e replicação.

Concluindo, a modelagem de informação da Cidade (CIM) voltada para distritos de inovação é um caminho longo e repleto de desafios. O estudo ilustrou que a aferição da qualidade urbana em distritos de inovação, através da modelagem da informação é uma matéria complexa, que integra, relaciona e atravessam diferentes segmentos profissionais, cada um deles com desafios e contribuições únicas para a construção do modelo computacional, principalmente pela necessidade de conversão de dados ligados à percepção e à cognição, para dados mensuráveis, passíveis de transpor para um sistema algorítmico e matemático.

Referências Bibliográficas

- Ascher, F. (2010). Os novos princípios do urbanismo. São Paulo: Romano Guerra Editora, 2010. 104 p. ISBN: 978-85-88585-25-6
- Audy, J. (2017). A inovação, o desenvolvimento e o papel da Universidade. Estudos avançados, 31, 75-87. <https://doi.org/10.1590/s0103-40142017.3190005>
- Beirão, J., & Arrobas, P. (2013). Interactive urban parametric design. In Stouffs, Rudi and Sariyildiz, Sevil (eds.), Computation and Performance – Proceedings of the 31st eCAADe Conference – Volume 1, Faculty of Architecture, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands pp. 291-299. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2013.1.291>

- Beirão, J., & Cardoso, D. (2018). Modelos de Simulação para a Medição e Espacialização do Capital Criativo. V ENANPARQ - V Encontro Da Associação Nacional de Pesquisa E Pós-Graduação Em Arquitetura E Urbanismo.
- Brasil, I. T. D. P. (2016). Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento. Índice de Caminhabilidade. Retrieved July 22, 2021, from http://itdpbrasil.org/wp-content/uploads/2019/05/Caminhabilidade_Volume-3_Ferramenta-ALTA.pdf
- Erika, C., & Rojas, Á. G. (2014, December). *Caracterização dos Distritos de Inovação no Desenvolvimento Regional do Estado de Santa Catarina*. XIV COLÓQUIO INTERNACIONAL DE GESTÃO UNIVERSITÁRIA – CIGU, Florianópolis.
- Gehl, J. (2013). Cidades para pessoas. São Paulo: Perspectiva.
- Gil, Jorge, Almeida, J. & Duarte, J.P. (2011). The backbone of a City Information Model (CIM): Implementing a spatial data model for urban design. In Proceedings of the Conference eCAADe 2011. Ljubljana. pp.143-151.
- Hillier, B. & Hanson, J. (1984). Social Logical of Space. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jannuzzi, P. de Martino (2017). Indicadores. Sociais no Brasil. Conceitos, Fontes de Dados e Aplicações. (6. ed.) Campinas: Alínea
- Khemlani, L (2016). City information modeling: Aecbytes. City Information Modeling; AECbytes. Retrieved March 03, 2022, from <https://www.aecbytes.com/feature/2016/CityInformationModeling.html>
- Marcus, L.(2010) Spatial capital. The Journal of Space Syntax 1.1 (2010): 30-40.
- Marcus, L. (2007). Spatial capital and how to measure it: an outline of an analytical theory of the social performativity of urban form. Sixth international space syntax symposium (pp. 5-1). Istanbul Technical University. ISBN: 978-975-561-304-8
- Mineiro, A. A. da C., & Castro, C. C. de. (2020). A Hélice Quádrupla e sua relação com a visão de futuro dos Parques Científicos e Tecnológicos consolidados no Brasil. *Revista de Administração, Sociedade E Inovação*, 6(2), 71–89. <https://doi.org/10.20401/rasi.6.2.422>
- Moretti, Ricardo de Souza. (1997) Normas Urbanísticas para habitação de interesse social: recomendações para elaboração. – São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas.
- Sousa, E. (2018). Modelando a Percepção: o ambiente do patrimônio cultural edificado na regulação da forma urbana. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará.
- Spolidoro, R. (1997). A sociedade do conhecimento e seus impactos no meio urbano. Parques tecnológicos e meio urbano. Brasília: Anprotec.
- Spolidoro, R., & Audy, J. (2008). *Parque científico e tecnológico da PUCRS: TECNOPUC*. EDIPUCRS.