

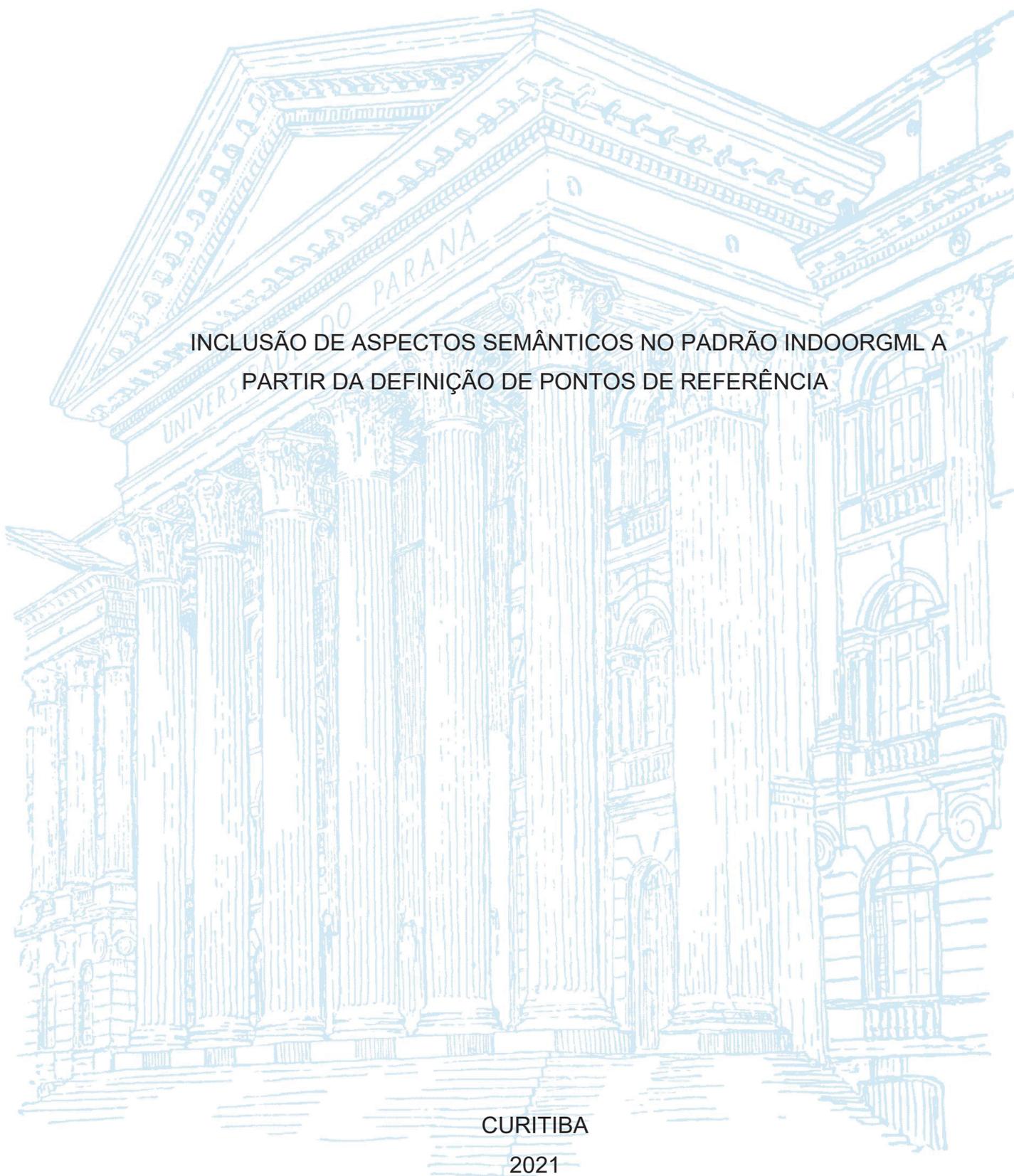
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

AMANDA PEREIRA ANTUNES

INCLUSÃO DE ASPECTOS SEMÂNTICOS NO PADRÃO INDOORGML A
PARTIR DA DEFINIÇÃO DE PONTOS DE REFERÊNCIA

CURITIBA

2021



AMANDA PEREIRA ANTUNES

INCLUSÃO DE ASPECTOS SEMÂNTICOS NO PADRÃO INDOORGML A
PARTIR DA DEFINIÇÃO DE PONTOS DE REFERÊNCIA

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências Geodésicas.

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Luciene Stamato Delazari

CURITIBA
2021

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

A636i

Antunes, Amanda Pereira

Inclusão de aspectos semânticos no padrão IndoorGML a partir da definição de pontos de referência [recurso eletrônico] / Amanda Pereira Antunes. – Curitiba, 2021.

Tese - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 2021.

Orientador: Luciene Stamato Delazari .

1. Sistemas de navegação. 2. Sistema de Posicionamento Global. 3. IndoorGML. I. Universidade Federal do Paraná. II. Delazari, Luciene Stamato. III. Título.

CDD: 526.64

Bibliotecário: Elias Barbosa da Silva CRB-9/1894



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CIÊNCIAS
GEODÉSICAS - 40001016002P6

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS GEODÉSICAS da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **AMANDA PEREIRA ANTUNES** intitulada: **INCLUSÃO DE ASPECTOS SEMÂNTICOS NO PADRÃO INDOORGML A PARTIR DA DEFINIÇÃO DE PONTOS DE REFERÊNCIA**, sob orientação da Profa. Dra. LUCIENE STAMATO DELAZARI, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutora está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 30 de Setembro de 2021.

Assinatura Eletrônica

01/10/2021 10:50:14.0

LUCIENE STAMATO DELAZARI
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

01/10/2021 07:57:05.0

MARCIO AUGUSTO REOLON SCHMIDT
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA)

Assinatura Eletrônica

05/10/2021 09:27:00.0

VIVIAN DE OLIVEIRA FERNANDES
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA)

Assinatura Eletrônica

01/10/2021 07:47:08.0

JULIA CELIA MERCEDES STRAUCH
Avaliador Externo (ESCOLA NACIONAL DE CIÊNCIAS ESTATÍSTICAS
)

RESUMO

A navegação em ambientes *indoor* é uma tarefa complexa que pode ser facilitada através do uso de sistemas de navegação *indoor*. O emprego de pontos de referência nesses sistemas traz vantagens, pois reduzem a carga cognitiva sobre o usuário, o que pode ser benéfico para a compreensão do ambiente, posicionamento e navegação. Esta pesquisa tem por objetivo avaliar como os pontos de referência impactam na percepção espacial dos usuários, ao empregar esses elementos nos sistemas de navegação *indoor*, seja na representação do ambiente ou na descrição de rotas. Esta pesquisa também apresenta a proposição de melhorias para o IndoorGML ao fornecer um enriquecimento semântico para auxiliar a navegação através da inclusão de especificações a respeito de pontos de referência. Apesar do IndoorGML fornecer ampla definição sobre a estrutura dos espaços *indoor*, os pontos de referência, sejam eles ambientes ou elementos, estão fora do escopo. A ausência de informações desses elementos no espaço *indoor* acarreta na limitação de implementação e usabilidade do padrão. A pesquisa contou com dois testes, sendo o primeiro voltado para a avaliação a hierarquia visual da simbologia ao combinar no mesmo mapa símbolos pictóricos e geométricos. O segundo teste consistiu na análise da simbologia que empregava apenas símbolos pictóricos com a hierarquia visual sendo gerada por símbolos de tamanhos distintos. No segundo teste quatro cenários foram testados, sendo que em cada um deles as instruções de rota empregavam diferentes elementos, como informações métricas, relações espaciais, marcos de referência ou pontos de interesse. Baseado nos resultados encontrados nos testes, a proposição de extensão do IndoorGML foi realizada. Os resultados obtidos nos testes realizados apontam que os SRP, sejam eles MR ou POI, são utilizados pelos usuários com frequência e auxiliam nas tarefas de navegação quando empregados na descrição de rota. Além disso, a simbologia quando empregada de forma a destacar os elementos principais do ambiente também dão suporte a orientação e navegação, pois facilita a relação do ambiente apresentado no mapa com o ambiente real. O modelo de extensão proposto solucionou problemas existentes no módulo principal, entretanto diferentes casos de usos devem ser testados para confirmar sua eficácia.

Palavras-chave: IndoorGML. Semântica. Pontos de Referência. Navegação *indoor*.

ABSTRACT

Indoor navigation is a complex task that can be facilitated through the use of indoor navigation systems. The use of reference points in these systems brings advantages, as they reduce the cognitive load on the user, which can be beneficial for understanding the environment, positioning and navigation. This research aims to evaluate how reference points impact the spatial perception of users, when using these elements in indoor navigation systems, either in the representation of the environment or in the description of routes. This research also presents the proposition of improvements to IndoorGML by providing a semantic enrichment to aid navigation through the inclusion of specifications regarding reference points. Although IndoorGML provides a broad definition of the structure of indoor spaces, the reference points, be they environments or elements, are out of scope. The lack of information on these elements in the indoor space limits the implementation and usability of the standard. The research included two tests, the first being aimed at evaluating the visual hierarchy of symbology by combining pictorial and geometric symbols on the same map. The second test consisted of analyzing the symbology that used only pictorial symbols with the visual hierarchy being generated by symbols of different sizes. In the second test, four scenarios were tested, in each of them the route instructions used different elements, such as metric information, spatial relationships, landmarks or points of interest. Based on the results found in the tests, the IndoorGML extension proposition was carried out. The results obtained in the tests carried out indicate that the SRP, whether MR or POI, are frequently used by users and help in navigation tasks when used in the route description. In addition, the symbology, when used in order to highlight the main elements of the environment, also support orientation and navigation, as it facilitates the relationship between the environment shown on the map and the real environment. The proposed extension model solved problems existing in the main module, however different use cases must be tested to confirm its effectiveness.

Keywords: IndoorGML. Semantics. Reference points. Indoor navigation.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – MODELOS DE DADOS	14
FIGURA 2 – MODELOS DE DADOS ESPACIAIS	16
FIGURA 3 – BIM E A CONSTRUÇÃO	17
FIGURA 4 – BIM E A INTEROPERABILIDADE SETORES	18
FIGURA 5 – IFC E ÁREAS DE ATUAÇÃO	19
FIGURA 6 – ESTRUTURA DO IFC	21
FIGURA 7 – NÍVEIS DE DETALHES	22
FIGURA 8 – REPRESENTAÇÃO GEOMÉTRICA.....	26
FIGURA 9 – MODELO DE ESPAÇO ESTRUTURADO E DUALIDADE	28
FIGURA 10 – DIAGRAMA UML	29
FIGURA 11 – MSLM	30
FIGURA 12 – REFERÊNCIA EXTERNA.....	31
FIGURA 13 – SISTEMA DE NAVEGAÇÃO <i>INDOOR</i> COM TAGS NFC.....	35
FIGURA 14 - SISTEMA DE NAVEGAÇÃO <i>INDOOR</i> UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER.....	36
FIGURA 15 - SISTEMA DE NAVEGAÇÃO <i>INDOOR</i> THE UNIVERSITY OF ARIZONA.....	37
FIGURA 16 - SISTEMA DE NAVEGAÇÃO <i>INDOOR</i> SEVERANCE HOSPITAL	38
FIGURA 17 - 3DMovRa.....	39
FIGURA 18 - SISTEMA DE NAVEGAÇÃO DESKTOP E MOBILE	40
FIGURA 19 - SISTEMA DE NAVEGAÇÃO COM POSICIONAMENTO PASSIVO....	43
FIGURA 20 - HIERARQUIA E COMPARAÇÃO DE FERRAMENTAS DE POSICIONAMENTO INDOOR	45
FIGURA 21 - SISTEMA DE NAVEGAÇÃO INDOOR.....	52
FIGURA 22 - MAPAS ESQUEMÁTICOS INDOOR.....	53
FIGURA 23 - ROTAS E PONTOS DE REFERÊNCIAS	55
FIGURA 24 - (A) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ROTA, COM RÓTULO DE INÍCIO E DESTINO (B) AUSÊNCIA DE ROTA E RÓTULOS	56
FIGURA 25 - RÓTULOS DE AMBIENTES (A) TODOS OS AMBIENTES (B) APENAS OS MARCOS	58
FIGURA 26 – MULTIESCALABILIDADE DA REPRESENTAÇÃO.....	59
FIGURA 27 - FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DA PESQUISA.....	61

FIGURA 28 - ESQUEMA DE EXTENSÃO INDOORGML	63
FIGURA 29 - ÁREA DE ESTUDO	64
FIGURA 30 - CORES E ASSOCIAÇÕES COM O AMBIENTE INDOOR	69
FIGURA 31 - SÍMBOLOS PONTUAIS PICTÓRICOS E GEOMÉTRICOS	71
FIGURA 32 - EXEMPLO DA TAREFA DE DESCRIÇÃO DO TRAJETO	73
FIGURA 33 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA <i>INDOOR</i> UTILIZADA NOS TESTES 1 E 2.....	73
FIGURA 34 - REPRESENTAÇÃO PLANTA BAIXA	76
FIGURA 35 - SIMBOLOGIA PICTÓRICAS DOS SRP	77
FIGURA 36 - ARQUITETURA DO SISTEMA.....	78
FIGURA 37 - FLUXO DE ATIVIDADES DO SISTEMA	79
FIGURA 38 – FUNCIONALIDADES DO AMBIENTE DE TESTES	81
FIGURA 39 - TESTE	82
FIGURA 40 - ROTAS 1 E 2.....	84
FIGURA 41 - ROTAS E CENÁRIOS	85
FIGURA 42 - ROTA 1 RUBENS MEISTER.....	87
FIGURA 43 - ROTA 2 BIOLÓGICAS.....	89
FIGURA 44 - AMBIENTES MAIS CITADOS NA TAREFA 2	97
FIGURA 45 – PREFERÊNCIA DE DESCRIÇÃO DE ROTA	118
FIGURA 46 - TIPOS DE CATEGORIZAÇÃO	123
FIGURA 47 - CATEGORIAS SRP INDOOR.....	126
FIGURA 48 - EXEMPLOS DE SRP EM UM EDIFÍCIO	127
FIGURA 49 - PROPOSTA DE MODELO ESTRUTURADO	128
FIGURA 50 - INTEGRAÇÃO INDOOR E SRP	129
FIGURA 51 – DUAL SPACE	129
FIGURA 52 - INTEGRAÇÃO DOS AMBIENTES <i>INDOOR</i> COM OS SRP	130
FIGURA 53 – DIAGRAMA UML	131
FIGURA 54 - CASO DE USO.....	136

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
1.1 CONTEXTO E JUSTIFICATIVA	9
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo geral	13
1.2.2 Objetivos específicos.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 MODELOS DE DADOS ESPACIAIS PARA AMBIENTES <i>INDOOR</i>	13
2.1.1 <i>Building Information Modeling</i> (BIM)	16
2.1.2 Industry Foundation Classes (IFC).....	18
2.1.2.1 Características Gerais do IFC	20
2.1.3 CityGML	21
2.1.3.1 Características Gerais do CityGML	22
2.1.4 IndoorGML	23
2.1.4.1 Características Gerais do IndoorGML	25
2.1.4.2 Modelos conceituais do IndoorGML	27
2.1.4.3 Integração de dados	30
2.1.5 IndoorLocationGML	32
2.1.6 Integração de modelos de dados espaciais	32
2.2 SISTEMAS DE NAVEGAÇÃO INDOOR	34
2.2.1 Recursos Cognitivos e Computacionais	39
2.2.1.1 Informação Posicional	41
2.3 PONTOS DE REFERÊNCIA COMO SUPORTE À ORIENTAÇÃO E NAVEGAÇÃO.....	45
2.3.1 Marcos de Referência (MR)	48
2.3.2 Pontos de Interesse (POI)	49
2.4 REPRESENTAÇÃO	50
2.5 ROTAS	54
2.5.1 Descrição da Rota	56
3 METODOLOGIA	61
3.1 ÁREA DE ESTUDO	63
3.2 MATERIAIS	65
3.3 TESTES	66

3.4 ANÁLISE DA HIERARQUIA VISUAL NA SIMBOLOGIA.....	66
3.4.1 Definição dos Pontos de Referência Espacial (SRP).....	66
3.4.2 Representação de Pontos de Referência Espacial	68
3.4.3 Testes com Usuários.....	72
3.4.4 Tarefas	72
3.5 ANÁLISE DAS INSTRUÇÕES DE ROTA E SIMBOLOGIA.....	74
3.5.1 Definição dos Pontos de Referência Espacial.....	74
3.5.2 Representação dos Pontos de Referência Espacial	75
3.5.3 Ambiente de Testes.....	77
3.5.4 Tarefas	82
3.5.4.1 Rotas	82
3.5.5 Instrução de rota	84
3.5.6 Questionário.....	91
3.5.7 Análise das Informações Coletadas	94
4 RESULTADOS.....	95
4.1 ANÁLISE DA HIERARQUIA VISUAL NA SIMBOLOGIA.....	95
4.1.1 Discussão.....	99
4.2 ANÁLISE DE INSTRUÇÕES DE ROTA E SIMBOLOGIA.....	100
4.2.1 CENÁRIO 01 – Informações Métricas.....	101
4.2.2 CENÁRIO 02 – Com Relação Espacial.....	104
4.2.3 CENÁRIO 03 – Com Marcos de Referência.....	106
4.2.4 CENÁRIO 04 – Com Marcos de Referência e Pontos de Interesse.....	108
4.2.5 Discussão.....	110
5 PROPOSIÇÃO DE EXTENSÃO INDOORGML	121
5.1 ELEMENTOS ESSENCIAIS DOS SRP.....	121
5.2 MODELO DE ESPAÇO ESTRUTURADO.....	127
5.3 MÓDULO DE EXTENSÃO	130
5.4 CASO DE USO	136
6 CONCLUSÃO	139
7 REFERÊNCIAS.....	143

1 INTRODUÇÃO

Na década de 1960 surgem os primeiros sistemas de informação geográfica e a partir disso houve um progresso significativo na área de tecnologia geoespacial, devido ao avanço da computação, de tecnologias *web* e de métodos de posicionamento. Outra mudança significativa é que as tecnologias se tornaram disponíveis para o público, como os sistemas de navegação de automóveis e os serviços de mapas *web* (KANG; LI, 2017). Como consequência, o número de usuários de tecnologias geoespaciais cresceu significativamente graças aos telefones inteligentes que se tornaram um dispositivo amplamente utilizado e tornam cada vez mais popular a navegação de pedestres (KANG; LI, 2017; LIDA et al., 2015). Além disso, o aproveitamento do potencial comercial de dispositivos móveis inteligentes estimulou o interesse pelos ambientes *indoor*, mapeamento e navegação, como por exemplo através do desenvolvimento de sistemas voltados para ambientes comerciais como shoppings, feiras, centros de exposição, entre outros (SITHOLE, ZLATANOVA, 2016).

Devido à popularidade dos telefones inteligentes, os sistemas de navegação e os métodos de posicionamento evoluíram e se difundiram. A localização e navegação tornaram-se parte essencial da vida cotidiana das pessoas, principalmente pelo fato de passarem a maior parte do dia a dia nos espaços interiores, que se tornaram mais complexos devido à urbanização e alta densidade populacional. Essa complexidade faz com que pessoas percam seu tempo procurando um destino, por exemplo, em grandes hospitais ou shoppings (ILKU; TAMAS, 2018).

Pesquisas como a de Li e Lee (2013) apontam que as pessoas passam cerca de 80 por cento do seu tempo em ambientes fechados. Conforme o tempo gasto em ambientes *indoor* cresce, o interesse por diferentes tipos de serviços baseados em localização (LBS – *Location-based service*) interna também aumenta (JUNG; LEE, 2017).

Além disso, o desenvolvimento das tecnologias de construção acarretou a complexidade das construções, através do aumento da quantidade de ambientes e número de andares. Isso fez com que o interesse deixasse de ser somente em relação às informações espaciais ao ar livre e fez com que também houvesse um aumento pelo interesse em relação aos espaços *indoor* (KIM; KANG; LEE, 2013).

Porém, sistemas desenvolvidos para ambientes *outdoor* e *indoor* são diferentes em alguns aspectos, por exemplo, o espaço interior é composto por uma série de elementos arquitetônicos, como salas, corredores, pavimentos e elevadores; portanto, possui estruturas mais complexas do que o espaço exterior e que precisam de maior detalhamento (KANG; LI, 2017).

Outra diferença é em relação à determinação do posicionamento, visto que em ambientes externos emprega-se o sistema global de navegação por satélite (GNSS). Porém, este sistema não é capaz de determinar a localização correta de um objeto dentro de um ambiente *indoor*, pois as paredes fazem com que o sinal seja atenuado ou refletido. Embora existam várias soluções de posicionamento *indoor* baseadas em diferentes tecnologias, não existe um padrão amplamente aceito (ILKU; TAMAS, 2018).

Além das diferenças em relação ao posicionamento em ambientes *indoor*, existem diferenças em relação à modelagem da tecnologia quando se trata do espaço *indoor*. Por exemplo, é necessário um modelo topológico abrangente para implementar diversos serviços baseados em relações espaciais entre os ambientes *indoor*, como por exemplo serviços de evacuação de emergência e a geração de rotas que integrem áreas internas e externas conjuntamente (KIM; LEE, 2015). Apesar de existir demanda por LBS *indoor* mais robustos que auxiliem, por exemplo, na gestão de instalações internas, simulação de interiores e monitoramento *indoor*, a maioria dos sistemas voltados para navegação interna, possuem como funcionalidades apenas um visualizador simples ou recursos para pesquisas de atributos (JUNG; LEE, 2017).

Devido ao progresso da modelagem de dados espaciais, mapeamento e tecnologias de posicionamento, voltados especificamente para o espaço *indoor*, diversos serviços de informação espacial para espaços interiores são fornecidos, assim como para espaços ao ar livre (KANG; LI, 2017). Porém, geralmente cada aplicativo LBS usa um modelo de dados ou um formato de dados voltado para suas finalidades; como consequência vários conjuntos de dados existem para representar os mesmos dados geoespaciais. Tais conjuntos de dados geoespaciais duplicados causam problemas na área financeira, além de problemas de compatibilidade entre sistemas LBS e de integração de dados (PARK; AHN; LEE, 2018).

Segundo a OGC (2018), em geral, as aplicações do espaço *indoor* são classificadas em duas categorias:

- **Gestão de componentes de construção e instalações internas:** que é voltada para a construção e gestão de edifícios e de instalações; aborda principalmente componentes arquitetônicos como telhados e paredes.

- **Uso do espaço indoor:** aborda o uso e localização de recursos no espaço *indoor*, como os requisitos para representar componentes espaciais, como salas e corredores, além de restrições como portas. Além de informação espacial interna essa categoria aborda a análise de rotas internas.

Além de diferentes abordagens os modelos de dados espaciais apresentam pontos de vistas distintos, incluindo geometria, espaço simbólico e conectividade de rede. Em geral, os modelos possuem como foco apenas um desses pontos de vista.

Por exemplo, o padrão *Industrial Foundation Classes* (IFC) e o *City Geography Markup Language* (CityGML) focam na geometria 3D e semântica de edifícios, mas não possuem componentes que são necessários para aplicações de navegação (MIRVAHABI; ABBASPOUR, 2015). Portanto, esses padrões não refletem totalmente as propriedades do espaço *indoor*, pois não apresentam informações a respeito da topologia interna do ambiente (ZHU et al., 2016). O IFC tem como vantagens, a possibilidade de descrever um ambiente detalhadamente e pode ser usado como um modelo de visualização, mas tem limitações para a análise espacial (KIM; KANG; LEE, 2013). Segundo Li (2016) esses modelos não atendem os requisitos das aplicações de informação espacial interna, como a representação espacial celular, topologia e várias representações de um único espaço *indoor*.

Visando suprir as deficiências presentes nos modelos anteriores, o padrão IndoorGML foi desenvolvido para permitir a representação e troca de informações sobre o espaço *indoor* que são essenciais para desenvolver e implementar sistemas de navegação interna (KHAN; DONAUBAUER; KOLBE, 2014). O IndoorGML foi projetado para estabelecer uma abordagem genérica para identificação e subdivisão de espaço e criação automática de uma rede para cálculo de rota (ZLATANOVA et al., 2016).

Segundo a OGC (2018), o IndoorGML especifica um modelo de dados aberto e um esquema XML de informação espacial interna que se concentra intencionalmente na modelagem de espaços *indoor* para fins de navegação, diferentemente dos vários padrões de modelagem de construção 3D existentes,

como CityGML e IFC, que lidam com o espaço interior através de pontos de vista semântico e geométrico.

Apesar do padrão IndoorGML ter como objetivo abordar as lacunas deixadas por outros padrões em relação à modelagem espacial para navegação interna, vários conceitos do padrão poderiam ser melhorados pois o padrão ainda está em seu primeiro estágio (DIAKITE; ZLATANOVA; LI, 2017). Isso significa que é preciso explorar o potencial e os conceitos de implementação do padrão, já que os trabalhos anteriores sobre o IndoorGML são limitados a aplicações específicas e não fornecem uma pesquisa suficiente sobre a força e o potencial do IndoorGML (KANG; LI, 2017).

Segundo Diakite; Zlatanova e Li (2017) algumas pesquisas buscam melhorar alguns aspectos dos padrões atuais, por exemplo, através da integração do IndoorGML com outros modelos, pois apesar de possuírem objetivos e abordagens diferentes, podem ser usados de forma complementar, como apresentado em Khan, Donabauer e Kolbe (2014), Teo e Yu (2017), Zlatanova et al. (2016), Alattas et al. (2017), Zlatanova, Oosterom e Lemmen (2016). Algumas pesquisas como Diakite; Zlatanova e Li (2017) e Jung e Lee (2015) exploram conceitos existentes no IndoorGML, mas que necessitam maiores esclarecimentos, como subdivisão espacial e navegabilidade dos espaços.

Tsetsos et al. (2005) apontam que as abordagens existentes para navegação interna são impulsionadas por informações geométricas e em geral negligenciam aspectos importantes como a semântica e as preferências dos usuários. Por exemplo, pontos de referência não estão presentes no IndoorGML, apesar desses elementos serem utilizados por usuários em tarefas de navegação. Os pontos de referência otimizam a navegação, pois minimizam o tempo empregado na realização de um trajeto, além de reduzir o esforço cognitivo, que está ligado à necessidade de orientação, planejamento e monitoramento do percurso (LI, 2007). Portanto, apesar do IndoorGML fornecer ampla definição sobre a estrutura dos espaços *indoor*, os pontos de referência, sejam eles ambientes ou elementos, estão fora do escopo. A ausência de informações desses elementos no espaço *indoor* acarreta na limitação de implementação e usabilidade do padrão.

1.1 CONTEXTO E JUSTIFICATIVA

O Laboratório de Cartografia e SIG da Universidade Federal do Paraná, desenvolve desde 2015 um projeto intitulado CampusMap, que tem como objetivo a elaboração de um sistema de informação geográfica, disponível via web. Este sistema permite acessar tanto as informações da infraestrutura externa, quanto interna dos prédios, de diferentes campi da UFPR. Dentre as funcionalidades do sistema, está a busca e definição de rotas entre locais de interesse, que permite ao usuário navegar entre diferentes pontos do campus, de modo a facilitar a tarefa de navegação pelos ambientes para os usuários deste sistema. Entretanto, essa parte do sistema ainda é recente e precisa ser otimizada. Atualmente a rota é calculada usando o algoritmo de Dijkstra que apresenta como resultado a rota mais curta, entretanto não leva outros fatores em consideração, como a navegabilidade do local ou se há algum tipo de restrição de passagem, sendo assim não apresenta a melhor rota, que poderia ser realizada levando em conta os fatores citados. O sistema ainda não conta com uma função descritiva da rota gerada, o que poderia facilitar a navegação do usuário pelo ambiente, principalmente se levasse em conta os pontos de referência em conta.

Esta pesquisa tem como ênfase o processo de navegação e como ele pode ser padronizado e complementado, através da inserção do conceito de pontos de referência e novas classes no IndoorGML.

Os pontos de referência podem ser divididos em marcos de referência (MR) e pontos de interesse (POI). Os MR são considerados objetos de interesse para os sistemas de navegação, pois estão diretamente relacionados ao processo de tomada de decisão do usuário quando este percorre o ambiente. Assim como os MR, os POI também são utilizados em sistemas de navegação, porém é preciso empregá-los com cautela pois a alta densidade de POI com características físicas e funcionalidades semelhantes que podem ser encontrados no ambiente e conseqüentemente aplicados no sistema, dificultam o processo de orientação do usuário com base no mapa (RICHTER; WINTER, 2014; FANG et al., 2015; HUND, 2016).

Sistemas de navegação que empregam pontos de referência que não estão diretamente relacionados ao raciocínio e a orientação espacial do usuário, têm maior probabilidade de fazer com que o usuário se desoriente no espaço (FANG et al.,

2015). De acordo com Hund (2016), a redução da quantidade de informações presentes no sistema de navegação, facilita as etapas de aprendizagem e reconhecimento dos espaços que apoiam o processo de orientação espacial e dos sentidos do usuário, deste modo, a utilização dos MR e POI na representação deve diminuir a carga cognitiva do usuário, e facilitar o processo de orientação espacial com base na representação.

A falta de integração de pontos de referência em instruções de navegação para pedestres, ocasiona desajustes na comunicação e interação entre o usuário e o sistema. Sendo assim, ressalta-se a importância da realização de pesquisas que abordem descrições que empregam pontos de referência, a fim de aumentar a eficiência nas instruções de rotas verbais e reduzir as dificuldades de comunicação entre o sistema e o usuário, e conseqüentemente sua utilização (FANG et al., 2012).

Quando se aborda sistemas de navegação *indoor*, um fator muito importante é a representação do ambiente e a simbologia empregada, pois afetam diretamente o processo de orientação do usuário que navega utilizando o mapa. Segundo Fang et al. (2020), representar informações essenciais, como os pontos de referência, de forma proeminente pode melhorar a eficiência do raciocínio espacial e facilitar o processo de navegação, ao reduzir as cargas cognitivas dos usuários e promover eficiência de navegação. Portanto, estudos devem explorar como diferentes elementos dispostos no ambiente *indoor* e a simbologia empregada afetam os processos cognitivos dos usuários.

Pesquisas relacionadas ao uso de pontos de referência no ambiente *indoor*, vêm sendo desenvolvidas. Por exemplo, Sarot (2015), buscou avaliar quais elementos encontrados no ambiente físico e no ambiente de representação, influenciam o processo de orientação do usuário. Antunes (2016), avaliou quais os tipos de pontos de referência são mais notados pelas pessoas e se a utilização de QR-Codes para a determinação do posicionamento, quando implantados apenas nos pontos de referência, dão suporte suficiente para a orientação de um usuário. Fernando, McMeekin e Murray (2014), abordam o planejamento de rotas para pessoas com deficiência visual, auxiliando na navegação através de estruturas e características do ambiente *indoor*.

A navegação interna depende de muitas tecnologias diferentes, incluindo posicionamento *indoor*, rastreamento, modelagem interna, computação e seleção de caminhos para navegação. Quando se trata de ambientes *indoor*, a maior parte das

pesquisas aborda temas como posicionamento e rastreamento. Pesquisas sobre modelos espaciais *indoor* voltados para a navegação, que incluem semântica, geometria e topologia, ainda são muito fragmentadas e orientadas para aplicações (ZLATANOVA; OOSTEROM; LEMMEN, 2016).

Os espaços *indoor* e sua semântica, são importantes para o modelo de navegação pois de acordo com o OGC (2018) a semântica permite definir quais elementos do espaço *indoor* são importantes para a navegação. Porém, os modelos de navegação interna em geral apresentam desvantagens, como limitações em relação às subdivisões dos espaços *indoor*, restrições do ambiente, mudanças dinâmicas de cenário, como por exemplo, em casos de emergência, além de semânticas incompletas (LIU; ZLATANOVA, 2012). Outra desvantagem dos modelos de navegação interna é que eles tendem a ser projetados apenas visando a funcionalidade do sistema e resolução de problemas técnicos da navegação, sem levar em conta as necessidades e expectativas humanas. Como consequência, os sistemas de navegação simplificam a gama de ações e concepções humanas durante a navegação (ZLATANOVA; OOSTEROM; LEMMEN, 2016; SITHOLE; ZLATANOVA, 2016). Pesquisas como Goetz e Zipf (2011) e Kikiras et al. (2006), indicam que uma subdivisão de espaços interiores de acordo com a percepção humana pode melhorar a orientação interna e a navegação (ZLATANOVA et al., 2016).

Assim, esta pesquisa aborda o padrão IndoorGML, por ser um padrão de modelagem de dados espaciais *indoor* voltado para a navegação, que armazena dados e contém principalmente informações topológicas com informações semânticas (ILKU; TAMAS, 2018). Apesar de todas as vantagens, o IndoorGML fornece apenas um conjunto mínimo de funções de dados espaciais *indoor* que não estão presentes em outros padrões.

Alguns elementos da modelagem de dados do IndoorGML necessitam de maiores esclarecimentos ou investigações; por exemplo o padrão IndoorGML aborda aspectos conceituais, como espaço celular, topológico, semântico e representações em camadas. Porém, ainda é preciso uma definição mais clara em relação a alguns elementos, como é o caso da noção de subdivisão espacial, que é apenas discutida brevemente (DIAKITE; ZLATANOVA; LI, 2017). A subdivisão espacial pode ser realizada através da aplicação de abordagens geométricas ou semânticas para particionamento de espaço. Porém, sua modelagem ainda é insuficientemente

explorada, especialmente no contexto da percepção e da navegação humana (FALLAH et al., 2013).

Além disso, pesquisas como a de Lida et al. (2015) e Ryu, Kim e Li (2014) apontam a necessidade de uma extensão do padrão IndoorGML para englobar pontos de referência do ambiente *indoor*, pois esses elementos são fundamentais para a navegação, orientação e localização do usuário. O IndoorGML pode definir a estrutura do edifício, rede de pedestres e informações do sensor para estimativa de localização. Contudo, não define informações detalhadas sobre localização ou sobre a utilização de pontos de referência para navegação. Padronizar um modelo de dados é valioso para aplicativos que empregam navegação por voz (LIDA et al., 2015; KHAN; DONAUBAUER; KOLBE, 2014).

Segundo Zlatanova et al. (2014), os espaços fechados devem ser representados por modelos semanticamente e geometricamente ricos para ser capaz de refletir o perfil pessoal de um indivíduo ou um grupo de indivíduos, e assim facilitar as atividades humanas, fornecer conforto, segurança e proteção. A semântica está se tornando mais importante conforme a complexidade de espaços e tarefas de usuários aumenta. A semântica destina-se a melhorar quantitativamente o caminho computado (adicionando informações sobre função e tipo de espaços como salas, corredores, portas, janelas). Usando anotações semânticas, partes de edifícios e pisos podem ser evitados, a navegação pode ser melhor adaptada ao modo de locomoção e à tarefa do usuário.

O IndoorGML apresenta a distribuição espacial e descrição semântica de ambientes *indoor*. Porém, a conceituação proposta não é suficiente para as necessidades e desafios à modelagem do espaço interior no contexto da navegação, pois pesquisas identificaram que o modelo carece de melhorias, principalmente em relação às subdivisões do espaço e pontos de referência.

A ausência de informações referente aos pontos de referência no espaço *indoor* acarreta na limitação de implementação e usabilidade do padrão, pois esses elementos auxiliam nas tarefas de navegação principalmente quando empregados na descrição de rota. A falta de integração de pontos de referência em instruções de navegação para pedestres, ocasiona desajustes na comunicação e interação entre o usuário e o sistema. Portanto, esta pesquisa parte da hipótese de que a modelagem IndoorGML pode ser melhorada através do enriquecimento semântico baseado na

percepção humana, visando facilitar a orientação interna e a navegação dos usuários.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Esta pesquisa tem por objetivo propor o enriquecimento semântico do padrão IndoorGML, por meio da inclusão do conceito de pontos de referência do espaço *indoor*, para trazer auxílio à orientação e à navegação *indoor*.

1.2.2 Objetivos específicos

Para que se possa alcançar o objetivo geral desta pesquisa são propostos os seguintes objetivos específicos:

- a) Avaliar como os pontos de referência impactam na percepção espacial dos usuários, ao empregar esses elementos nos sistemas de navegação *indoor* na representação e na descrição de rotas.
- b) Investigar se representação diferenciada para os pontos de referência é mais eficiente quando comparada à simbologia que não evidencia os pontos de referência.
- c) Propor a inclusão dos pontos de referência no padrão IndoorGML;
- d) Validar a proposição em um ambiente específico como estudo de caso,

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MODELOS DE DADOS ESPACIAIS PARA AMBIENTES *INDOOR*

Modelo é uma abstração que tem por finalidade representar uma realidade ou alguns de seus aspectos, para que se possa descrevê-los qualitativa ou quantitativamente, ou torná-los observáveis. Os modelos empregam processos cognitivos pois à medida que o modelo é elaborado, aspectos que não foram

imaginados ou identificados previamente tornam-se perceptíveis, o que faz com que o modelo seja passível de evolução (SAYÃO, 2001).

Os modelos de dados são uma ferramenta que tem por objetivo estabelecer uma estrutura de organização para um determinado conjunto de dados, visando facilitar tarefas como as de armazenamento, manipulação, troca de dados, além da adição e processamento de informações semânticas, por exemplo. Além disso, os modelos auxiliam no desenvolvimento de processos e ferramentas compatíveis com os dados para utilizar sua estrutura de forma eficiente (MOURATIDIS, 2015).

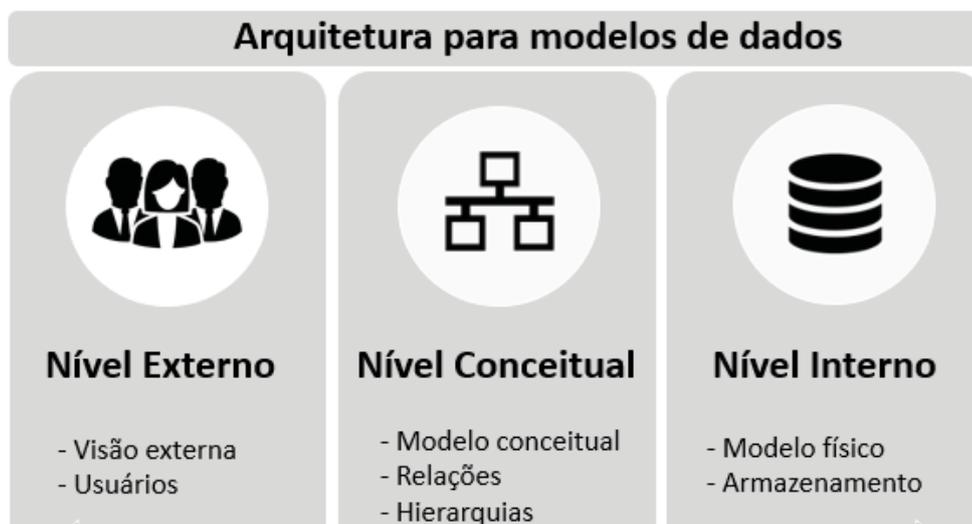
Bachman (1974) categoriza os modelos de dados em três níveis, Externo (Usuário), Conceitual e Físico (FIGURA 1). Segundo Mouratidis (2015) estes podem ser definidos da seguinte maneira:

Modelo Externo: define os dados que estão disponíveis no nível do usuário final. Isso pode cobrir tanto requisitos de estrutura de dados para entrada do usuário, bem como a saída do sistema para o usuário e ajuda a definir as necessidades e requisitos para o sistema.

Modelo Conceitual: oferece uma visão global da funcionalidade do modelo e recursos, sem fornecer detalhes específicos para sua implementação. Os tipos de dados armazenados, relações, hierarquias e interações são definidos neste nível,

Modelo Físico: define as informações sobre o armazenamento dos dados e como o modelo conceitual é implementado em um sistema, ou seja, como os dados são armazenados e processados.

FIGURA 1 – MODELOS DE DADOS



FONTE: O autor (2021).

Os modelos de dados espaciais para ambientes *indoor* servem como uma base fundamental para tecnologias espaciais internas, como os sistemas de navegação. Entretanto, diferentes abordagens têm sido propostas sobre modelagem do espaço *indoor* para fins de navegação, com modelos que refletem a percepção do espaço interior. Esses modelos a fim de apoiar a orientação humana para uma representação do espaço interior adequada para uso com robôs móveis autônomos e sistemas de inteligência artificial. As abordagens diferem nos métodos e técnicas sendo aplicadas para a descrição espacial do ambiente interior, bem como na riqueza da informação semântica sobre o ambiente (NAGEL, 2014).

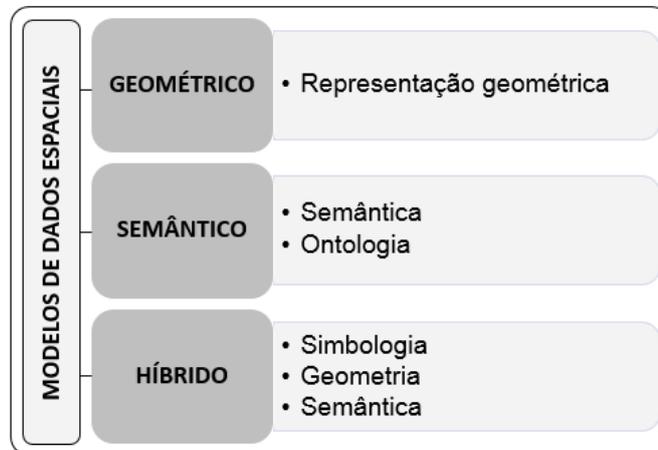
Segundo Nagel (2014) e Kang e Li (2017), modelos de dados espaciais *indoor*, em geral, são classificados como modelos espaciais geométricos e simbólicos (FIGURA 2). Ambas as abordagens de modelagem mostram forças complementares, quando unificadas, formam o modelo híbrido. Os conceitos dessas abordagens são descritos a seguir:

Geométrico: Tem como objetivo, principalmente a representação geométrica de recursos *indoor*, ou seja ambientes e objetos que o compõem (KANG; LI, 2017). Portanto, as localizações e objetos espaciais são modelados como figuras geométricas dimensionais através de um conjunto de coordenadas. As propriedades métricas das figuras geométricas permitem quantificar as relações espaciais entre elementos do modelo de interpolação (NAGEL, 2014).

Simbólico: Enfatiza principalmente a semântica e aspectos de ontologia do espaço, em vez de suas propriedades geométricas (KANG; LI, 2017). Modelos simbólicos representam lugares físicos e objetos *indoor* por meio de conjuntos de símbolos abstratos (por exemplo, nomes descritivos) e relações espaciais entre eles. (NAGEL, 2014).

Híbrido: Uma terceira classe de modelos de espaços interiores descreve o ambiente interior a partir de uma perspectiva dos tipos de entidades espaciais e suas relações (espaciais e não espaciais). Os modelos desta classe são considerados como modelos semânticos, pois visam definir o significado dos conceitos identificados. Finalmente, modelos espaciais híbridos combinam representações simbólicas, geométricas e semânticas para se beneficiar de suas respectivas vantagens (NAGEL, 2014).

FIGURA 2 – MODELOS DE DADOS ESPACIAIS



FONTE: O autor (2021).

Embora esta classificação do modelo de dados espaciais *indoor* seja útil, é preciso levar em conta que cada abordagem tem seus pontos fortes e fracos, portanto para minimizar as deficiências pode ser recomendável integrar os pontos positivos de diferentes abordagens em um único modelo de dados espaciais *indoor*. Por exemplo, um modelo de dados híbrido pode representar propriedades geométricas, advindas de uma abordagem, ao mesmo tempo que suporta conceitos simbólicos de espaço *indoor*, provenientes de outra abordagem (KANG; LI, 2017).

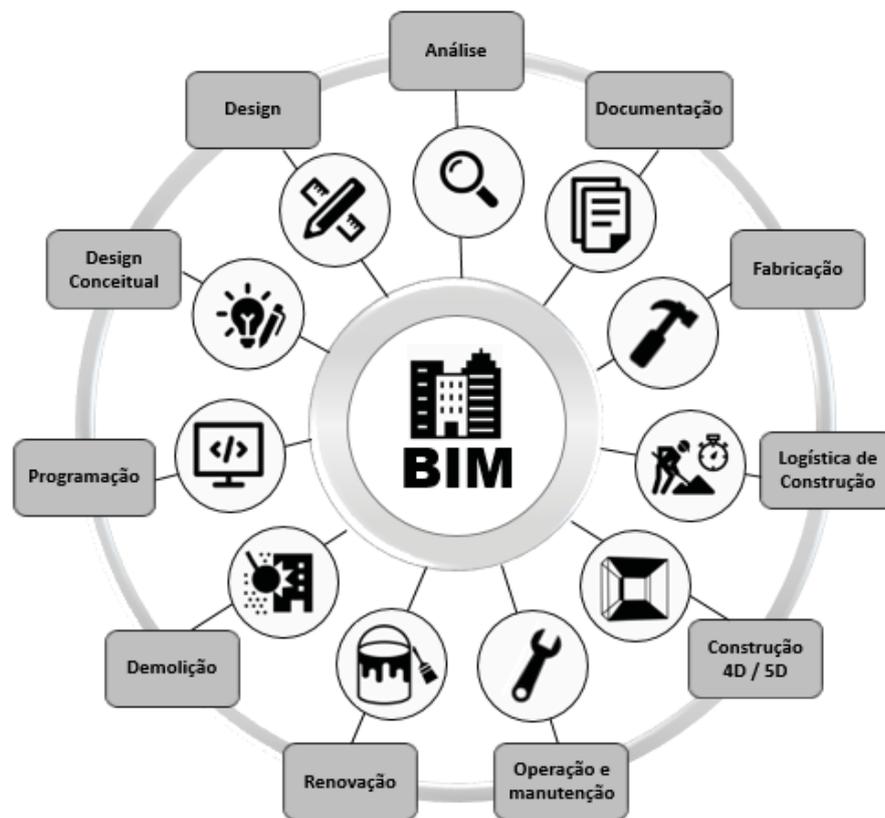
Além disso, cada modelo é adequado para uma determinada aplicação, mas seu alcance não é tão geral como um modelo padrão de dados espaciais *indoor*. É necessário um modelo padrão geral que satisfaça os requisitos e pontos fortes de modelos de dados espaciais *indoor* anteriores (KANG; LI, 2017). A seguir são descritos padrões que empregam modelos de dados espaciais para ambientes *indoor*.

2.1.1 Building Information Modeling (BIM)

O Building Information Modeling (BIM) é um modelo estrutural de informação digital, tridimensional, que engloba o processo de programação, desenho, implementação e manutenção de uma construção, através do uso de um modelo

dinâmico que contém vários objetos que compõem o edifício e todas as informações que possam afetar o ciclo de vida da construção, como geometria, materiais, estrutura, desempenho energético, instalações, custos, segurança e manutenção, como apresentado na FIGURA 3. O modelo também aborda a forma, o comportamento e as relações das várias partes do edifício, além de permitir a agregação de dados a um determinado elemento (PINHO, 2013).

FIGURA 3 – BIM E A CONSTRUÇÃO

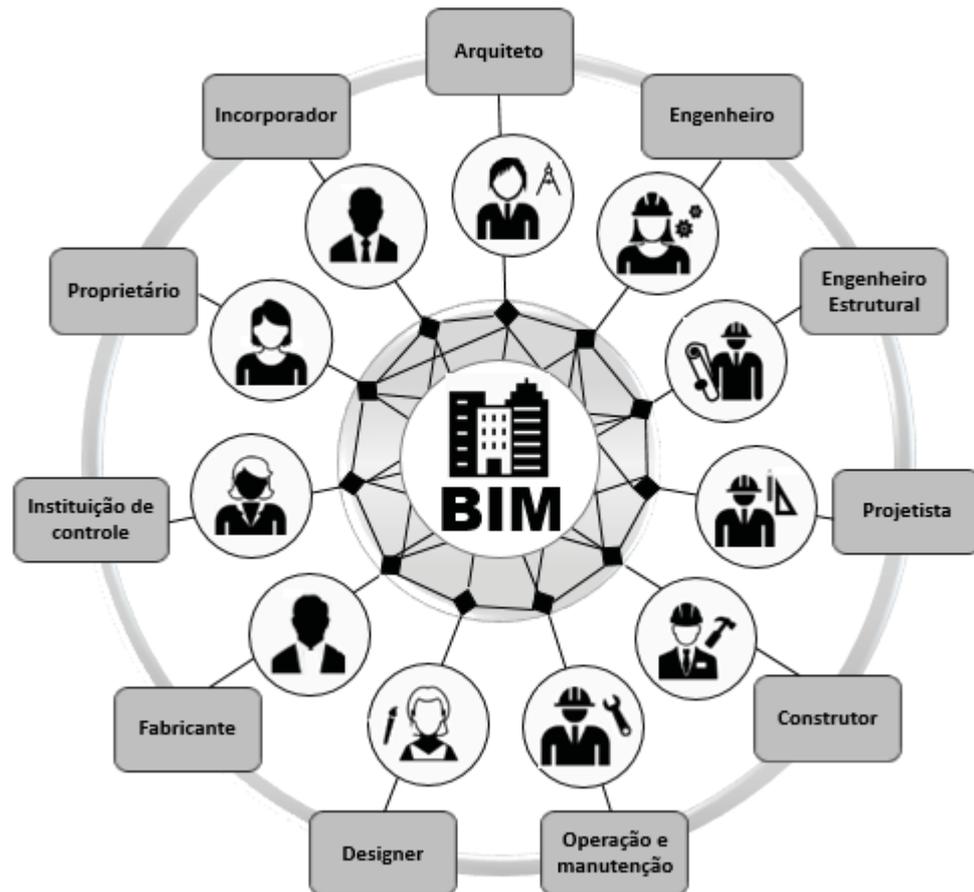


FONTE: O autor (2021).

Segundo Andrade e Ruschel (2009) as etapas relacionadas com a construção de um edifício, desde a concepção do projeto até a sua implementação, envolvem diferentes tipos de profissionais, que operam em suas áreas de interesse. A FIGURA 4 apresenta um modelo com os atores envolvidos. Devido à diversidade de profissionais, surge a necessidade de um formato padrão, que permita a interoperabilidade e o intercâmbio dos dados de forma segura, sem erros ou perda de informações, a fim de colaborar de forma eficaz na realização de um projeto

compartilhado. Visando suprir essas necessidades padrões como o IFC e o CityGML, foram criados.

FIGURA 4 – BIM E A INTEROPERABILIDADE SETORES



FONTE: O autor (2021).

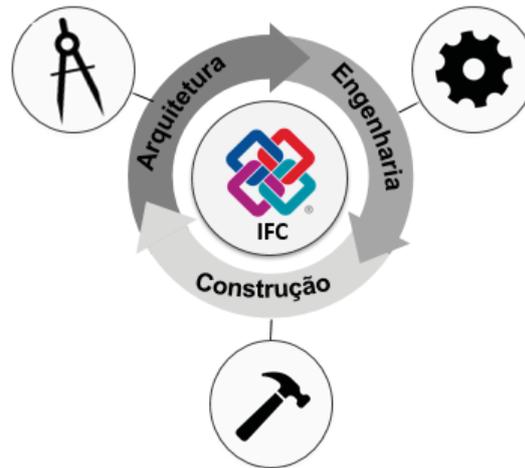
2.1.2 Industry Foundation Classes (IFC)

O BuildingSMART é uma organização internacional, que tem como objetivo criar uma linguagem digital voltada para a troca de tecnologia da informação visando melhorar a construção, operação e gerenciamento do ambiente construído. Para isso, o BuildingSMART define uma família de padrões que interagem entre si, como padrões básicos, coordenação de mudanças, mapeamento de termos e tradução de processos, além de padrões de dados como o IFC

O IFC é um padrão internacional, em formato aberto, voltado para troca de dados do setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). A FIGURA 5

apresenta o esquema das áreas de atuação que estão diretamente ligadas ao padrão IFC.

FIGURA 5 – IFC E ÁREAS DE ATUAÇÃO



FONTE: O autor (2021).

Este padrão foi projetado com o objetivo de representar os elementos de construção com informações geométricas e semânticas (KHAN; DONAUBAUER; KOLBE, 2014). O escopo do IFC cobre espaços interiores e exteriores e define os modelos para características como paredes, portas, lajes, janelas e espaços (KANG; LI, 2017), além de informações pertinentes sobre o edifício desde a concepção, o projeto, a construção até a reforma ou demolição. Apesar do IFC padronizar o compartilhamento de informações, ele não padroniza as estruturas de dados em aplicações de software (MANZIONE, 2016).

A primeira versão do IFC foi lançada em 1997, e foram realizados incrementos ao longo dos anos para o modelo representar mais entidades e relações no edifício. Após atualizações encontra-se atualmente na versão 2x4 (IFC4), lançada no princípio de 2012 (MANZIONE, 2016).

O IFC tem como vantagem descrever o objeto de uma construção em detalhes e pode ser usado como um modelo de visualização, porém possui limitações quando se trata de análises espaciais (KIM; KANG; LEE, 2013). A complexidade do padrão é exacerbada pela possibilidade de existirem formas alternativas de modelagem para um mesmo objeto. Cada um desses objetos tem diferentes significados semânticos e, embora possam ter a mesma aparência na

vista em 3D, eles terão tratamentos diferentes na ferramenta de análise estrutural (MANZIONE, 2016)

2.1.2.1 Características Gerais do IFC

Segundo Pinho (2013) e Manzione (2016), o esquema do IFC é definido por camadas e subcamadas, que são descritas a seguir:

a) Camada dos Recursos é a camada onde se encontram as disposições de entidades que suportam as estruturas de dados do modelo, como geometria, topologia, materiais, medidas, agentes responsáveis, representação, custos, etc.

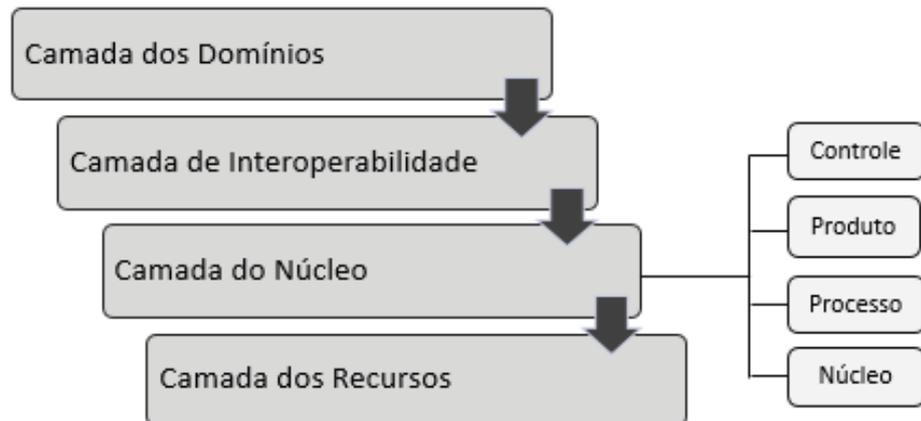
b) Camada do Núcleo: comporta as funções de sustentação do modelo IFC e proporciona a sua estrutura básica, bem como relações fundamentais e conceitos comuns para especialização em modelos específicos. A camada do núcleo é subdividida em quatro subcamadas de extensão: Controle, Produto, Processo e Núcleo.

c) Camada de Interoperabilidade: é a seção que diz respeito às questões ligadas com a interoperabilidade entre sistemas.

d) Camada dos Domínios: essa é a camada de nível mais alto e lida com entidades de disciplinas específicas, como arquitetura, estrutura, instalações, entre outras.

De acordo com Pinho (2013), o IFC possui uma arquitetura que utiliza o princípio de escada (FIGURA 6), possibilitando que uma classe faça referência a outra na mesma camada ou em uma camada inferior, mas nunca em uma camada superior.

FIGURA 6 – ESTRUTURA DO IFC



FONTE: O autor (2021).

2.1.3 CityGML

O padrão CityGML foi desenvolvido para criar uma definição comum de entidades básicas e atributos para o modelo virtual de cidades, possibilitando a interoperabilidade com outras aplicações ou modelos de outras fontes como Sistema de Informações Geográficas (SIG) e BIM (BASTIAN, 2015). O CityGML fornece um padrão de dados espaciais e mecanismo para descrever objetos 3D urbanos como edifícios, peças de construção, instalações, pontes, túneis, em relação à sua geometria, semântica e aparência (ZHU et al., 2016). Como o IFC, esse modelo abrange tanto espaços *indoor* quanto externos (KANG; LI, 2017).

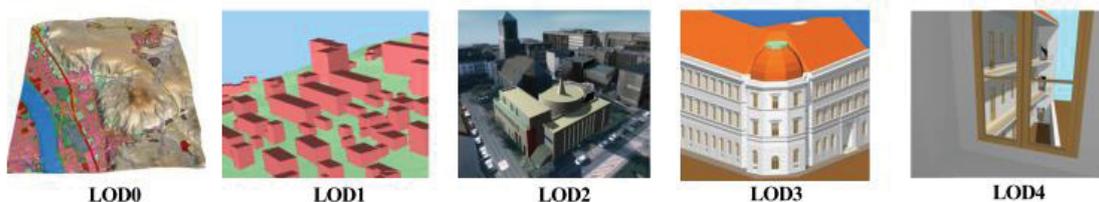
Segundo Kim, Kang e Lee (2013) e Kang e Li (2017), esse modelo de dados aberto é adotado pelo OGC e permite armazenar, trocar e representar objetos do modelo de cidade virtual 3D, sendo baseado em XML e definido como um esquema de aplicação de GML 3.1.1; seus modelos geométricos são baseados na ISO 19107. O CityGML define classes e relações para os objetos topográficos mais relevantes das cidades e modelos relacionados a suas propriedades geométricas, topológicas, semânticas e de aparência. “Cidade” é um termo amplamente empregado nesse contexto que compreende não apenas estruturas construídas, mas também elevação, vegetação, corpos d’água e mobiliário urbano. Incluem-se hierarquias de generalização entre classes temáticas, agregações, relações entre objetos e propriedades espaciais (CITYGML, 2019).

2.1.3.1 Características Gerais do CityGML

Segundo Bastian (2015), Kang e Li (2017) e Khan; Donaubaueer e Kolbe (2014), o CityGML pode ser aplicado tanto em modelos de baixa complexidade que não possuam topologia ou pouca informação semântica, quanto em modelos mais complexos, que possuam topologia completa e diferenciações semânticas refinadas. As principais características do CityGML incluem modelagem em escala múltipla, ou seja, cinco níveis de detalhes (LOD) para representar desde uma cidade até o interior de um edifício. Cada nível contém modelagem semântica para diferentes áreas temáticas, definição de classes e relações para os objetos topográficos relevantes nas cidades. Cada um dos níveis de informação precisa ser elaborado com valores de precisão e características adaptadas à escala de representação requerida para sua aplicação. O modelo menos detalhado é o LOD 0, já o LOD 4 é modelo mais completo e inclui o interior de edificações. Portanto esse nível é particularmente interessante quando se trata de navegação interna, pois possui informações a respeito, por exemplo, das salas, mesas, pilares e escadas (KHAN; DONAUBAUER; KOLBE, 2014).

Cada um dos níveis apresentados na FIGURA 7 são descritos a seguir:

FIGURA 7 – NÍVEIS DE DETALHES



FONTE: OGC CityGML (2019).

- LOD 0 – Modelo Digital do Terreno (MDT) com uma precisão de 5,0 m, com representação dos contornos das edificações (*footprint*) ou dos polígonos dos telhados, com a possibilidade de aplicação de textura obtida a partir de imagens aéreas ou de satélite.

- LOD 1 – nesse nível de detalhe representam-se somente os objetos maiores de 5,0 x 5,0 m e MDT com acréscimo de modelos simplificados de edifícios, que podem ou não ter as texturas das fachadas aplicadas.

- LOD 2 – seria o LOD 1 com mais detalhes, com acréscimo da cobertura das edificações, e precisão de 2,0 m.
- LOD 3 – modelo detalhado do exterior das edificações com precisão de 0,5 m, apresentando também o mobiliário urbano e vegetação com aparência real.
- LOD 4 – modelo detalhado incluindo o interior das edificações com precisão de 0,2 m. O nível de detalhe escolhido dependerá da finalidade a que se destina o modelo geométrico gerado (BASTIAN, 2015).

O LOD 4 especifica o modelo para o espaço interior. Embora inclua características mais detalhadas do espaço *indoor* do que o IFC, como mobiliário de interiores e instalação, o foco principal é a modelagem de recursos em vez de modelagem espacial. As relações topológicas não são incluídas explicitamente no modelo, como ocorre no IFC (KANG; LI, 2017). Embora o IFC tenha um foco *indoor* mais profundo do que o CityGML, ambos incluem geometria, topologia e classes semânticas visando modelar o ambiente *indoor* e fornecer suporte adequado para um edifício, para permitir e facilitar a interoperabilidade nas trocas digitais entre atores de uma mesma construção ou projeto, além de auxiliar na análise e manutenção do edifício (DIAKITE; ZLATANOVA; LI, 2017).

Muitos pesquisadores como *Biljecki et al. (2021)*, *Jusuf et al. (2017)* e Salheb, Ohori e Stoter (2020) abordam a interoperabilidade e interação entre o IFC e CityGML, que são dois modelos semânticos proeminentes nas áreas temáticas BIM e TIM (3D GIS) respectivamente (KHAN; DONAUBAUER; KOLBE, 2014).

2.1.4 IndoorGML

O padrão IndoorGML é o resultado de vários anos de pesquisas voltadas para as necessidades específicas do ambiente *indoor*, e surgiu a partir da intenção de estender o padrão CityGML. Ao complementar os padrões existentes, com conceitos mais profundos relacionados à descrição de espaços interiores e com o fornecimento de recursos de codificação tradicional para informações espaciais internas, obtêm-se os requisitos necessários para aplicações como a navegação interna (DIAKITE; ZLATANOVA; LI, 2017). O IndoorGML foi criado com base na necessidade de um padrão para a definição precisa de espaços, considerando as necessidades de serviços baseados em localização interna e diferenças entre

conjuntos de dados *indoor* e *outdoor* (MOURATIDIS, 2015). A fim de suportar a interoperabilidade entre a informação espacial interna serviços, o IndoorGML foi publicado pelo *Open Geospatial Consortium* (OGC) como modelo de dados padrão e formato de troca baseado em XML (KANG; LI, 2017). Ele é implementado como um aplicativo esquema da *Geography Markup Language* (GML) versão 3.2.1 e é compatível com a família de padrões ISO 19100, permitindo seu uso para múltiplas aplicações de SIG, além de possibilitar a transferência de informações entre outros formatos típicos de BIM como IFC ou outros formatos OGC, como CityGML (MOURATIDIS, 2015; MIRVAHABI; ABBASPOUR, 2015).

O IFC e CityGML são exemplos de padrões de modelagem de construção 3D que lidam com espaço interior de edifícios a partir de pontos de vista geométricos, cartográficos e semânticos, porém as características interiores propostas por esses padrões não estão adaptadas a aplicações como a navegação interna, que requer características espaciais mais específicas. Portanto, a principal diferença do IndoorGML em relação aos outros padrões é que o seu foco está voltado para a modelagem de espaços interiores para fins de navegação (MOURATIDIS, 2015; DIAKITE; ZLATANOVA; LI, 2017).

O IndoorGML visa estabelecer um esquema comum para aplicativos de navegação interna, através de modelos de topologia e semântica de espaços interiores, que são necessários para os componentes de redes de navegação. Entretanto, o escopo padrão do IndoorGML abrange um conjunto mínimo para modelagem geométrica e semântica dos componentes de construção. Sendo essa uma das principais considerações durante o desenvolvimento de IndoorGML, pois além de representar e permitir a troca de informações espaciais necessárias para construir e operar sistemas de navegação interior, o IndoorGML tem como meta alcançar a flexibilidade e a extensibilidade, bem como evitar conflitos ou esforços duplicados com outros padrões como o CityGML e o IFC (KANG; LI, 2017; OGC, 2018).

Portanto, em vez de representar os componentes arquitetônicos de uma edificação, o objetivo do IndoorGML é definir uma estrutura de informação espacial interna para localizar recursos móveis no espaço *indoor* e fornecer serviços de informações espaciais utilizando suas posições no espaço interior. Segundo a (OGC, 2018) o IndoorGML destina-se a fornecer as seguintes funções;

- Representar as propriedades do espaço interior, e

- Fornecer referência espacial de recursos no espaço *indoor*.

2.1.4.1 Características Gerais do IndoorGML

Segundo a OGC (2018), o IndoorGML define as seguintes informações sobre o espaço *indoor*,

- Contexto de navegação e restrições;
- Subdivisões de espaço e tipos de conectividade entre espaços;
- Propriedades geométricas e semânticas de espaços e conectividade;
- Redes de navegação (lógicas e métricas) e suas relações.

As restrições como escadas, portas, corredores, que fazem parte de um espaço *indoor* são diferenças relevantes em relação ao espaço externo. Isso significa que representações de restrições internas são importantes quando se trata da modelagem de informação espacial interna e padrões. A seguir serão descritos os aspectos empregados pelo IndoorGML para cobrir com precisão as restrições específicas para navegação interna, sendo eles: (OGC, 2018)

- Espaço celular;
- Representação semântica;
- Representação geométrica;
- Representação topológica;
- Representação em multicamadas.

Segundo Lida et al. (2015), no indoorGML um espaço *indoor* é considerado como um conjunto de células, que são definidas como as unidades organizacionais ou estruturais do espaço interior. Um espaço é definido como uma célula, que pode ser especificada através de um identificador ou através da sua posição, ao empregar coordenadas (x, y, z) para especificar uma posição. Uma célula pode ter um limite comum com outras células, mas elas não se sobrepõem e informações adicionais podem ser incluídas no espaço celular da seguinte forma:

- Semântica: por exemplo, através da classificação e interpretação de células;
- Geometria: representação em 3D ou superfícies em 2D;
- Topologia: informações a respeito da adjacência ou conectividade.

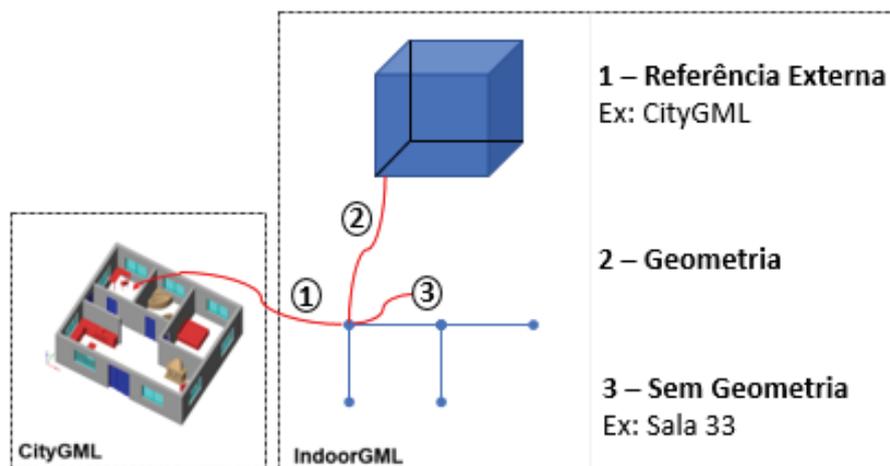
No IndoorGML, a representação semântica é usada para dois propósitos: fornecer uma classificação e identificar uma célula e determinar a conectividade entre as células. A semântica, portanto, permite definir células que são importantes para a navegação (OGC, 2018).

A representação geométrica de características 2D ou 3D no espaço interior não é um foco do IndoorGML, já que eles são claramente definidos pela ISO 19107, CityGML e IFC. No entanto, por uma questão de auto completude, a geometria do objeto 2D ou 3D pode ser opcionalmente definida no IndoorGML de acordo com o modelo de dados definido ISO 19107.

Segundo a OGC (2018), existem três formas de representar a geometria das peças de construção em Modelo de dados IndoorGML (FIGURA 7):

- Referência externa: somente um documento IndoorGML contém links externos para objetos definidos em outros dados definidos como o arquivo CityGML.
- Geometria no IndoorGML: representação geométrica de cada parte do edifício pode ser incluída dentro de um documento IndoorGML.
- Sem geometria: nenhuma informação geométrica é incluída no documento IndoorGML (MIRVAHABI; ABBASPOUR, 2015).

FIGURA 8 – REPRESENTAÇÃO GEOMÉTRICA



FONTE: O autor (2018).

A topologia é um componente essencial do espaço celular e do padrão IndoorGML. Como as propriedades topológicas como “vizinhança, interior, disjunção

e fronteira” não são implicitamente incluídas no espaço celular é preciso descrever explicitamente o relacionamento topológico no IndoorGML.

2.1.4.2 Modelos conceituais do IndoorGML

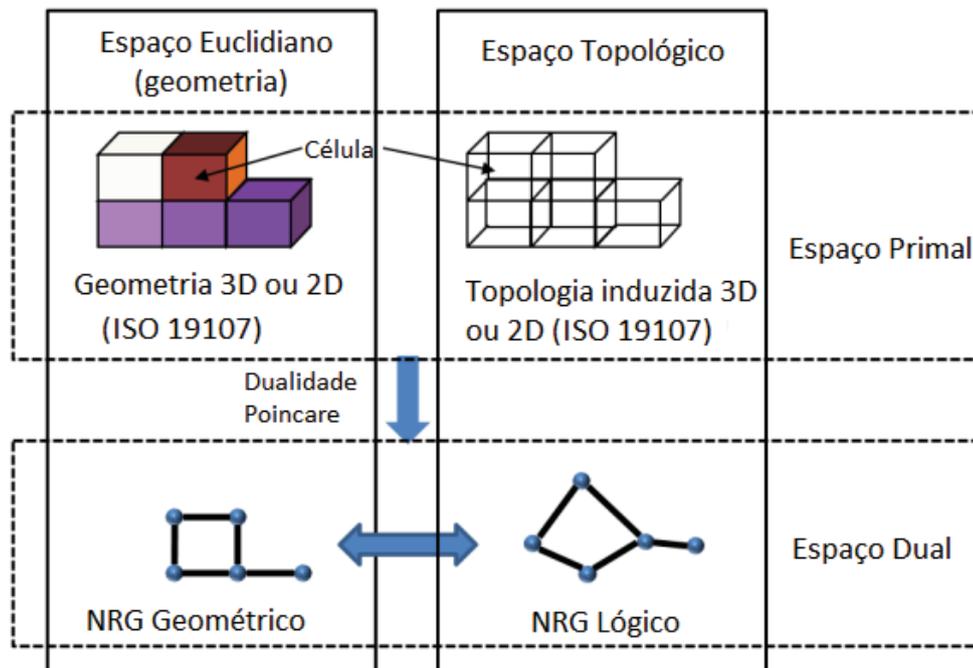
O IndoorGML é baseado em dois modelos conceituais: o Modelo de Espaço Estruturado e Modelo de Espaço Multicamadas (MLSM). O Modelo de Espaço Estruturado define o layout geral de cada camada de espaço independente do modelo de espaço específico que ele representa. Cada camada é sistematicamente subdividida em quatro segmentos, geometria e topologia; do espaço primal e do espaço dual (FIGURA 9).

O *Node-Relation Graph* (NRG) representa relações topológicas, como por exemplo, adjacência e conectividade, entre objetos *indoor*. O NRG permite abstrair, simplificar e representar relações topológicas entre espaços 3D em ambientes interiores, como salas dentro de um edifício. Pode ser implementado como um gráfico representando a adjacência, relações de conectividade sem propriedades geométricas. Permite a implementação eficiente de problemas computacionais complexos dentro de sistemas *indoor* de navegação e roteamento.

A dualidade de Poincaré fornece uma base teórica para mapear o espaço *indoor* para NRG representando relações topológicas. Um dado espaço *indoor* pode ser transformado em um NRG no espaço da topologia usando a dualidade de Poincaré. Essa abordagem simplifica as relações espaciais complexas (OGC, 2018).

Por meio da transformação de dualidade, também apresentada na FIGURA 9, os objetos sólidos (3D), como os de um prédio em um espaço primal, são transformados em vértices (0D) em um espaço dual. Assim, as arestas de um gráfico dual representam relações topológicas entre objetos 3D em um espaço primal (PARK; AHN; LEE, 2018).

FIGURA 9 – MODELO DE ESPAÇO ESTRUTURADO E DUALIDADE

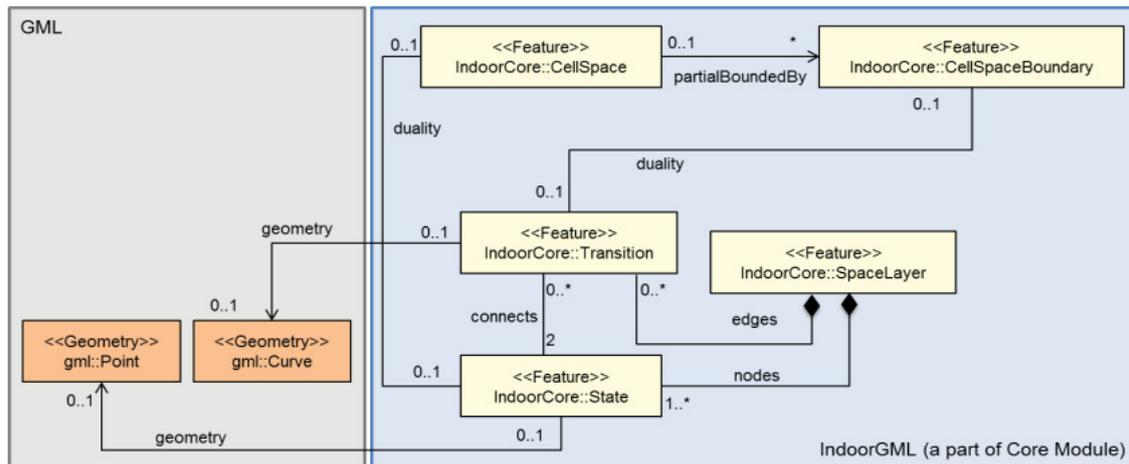


FONTE: Adaptado de OGC (2018).

No IndoorGML, que utiliza um modelo de rede, os nós representam salas, escadas, elevadores, portas, saídas de construção e corredores. As bordas do IndoorGML representam as relações topológicas entre entidades espaciais, que indicam os caminhos do movimento de pedestres entre nós dentro de um edifício. Em um sistema de navegação terrestre, no ambiente externo, uma rede rodoviária pode ser representada por um gráfico de borda de nós, os nós representam as interseções das estradas e as arestas conectadas por dois nós representam os segmentos de rodovia (PARK; AHN; LEE, 2018).

O diagrama UML (FIGURA 10) apresenta o modelo de dados para a perspectiva do modelo espacial, sendo que o lado direito da figura está relacionado com a topologia e o lado esquerdo com a geometria.

FIGURA 10 – DIAGRAMA UML



FONTE: OGC (2018).

De forma simplificada, as classes apresentadas no diagrama UML são descritas a seguir:

a) **SpaceLayer** é uma classe superior usada para representar um modelo de espaço estruturado e representa cada camada do espaço, como topografia, sensor, espaço de segurança. Esta classe agrega as classes de Estado (*State*) e Transição (*Transition*) que estão diretamente associadas, além de relacionar as classes de geometria correspondentes para representar o espaço dual.

b) **State** é um nó no espaço, sendo representado geometricamente como um ponto no IndoorGML. Também possui associação com a classe *CellSpace* correspondente, que representa um espaço no espaço primal.

c) **Transition** é uma aresta que representa as relações de adjacência ou conectividade entre os nós que representam objetos espaciais espaço primal, sendo representado geometricamente por uma curva.

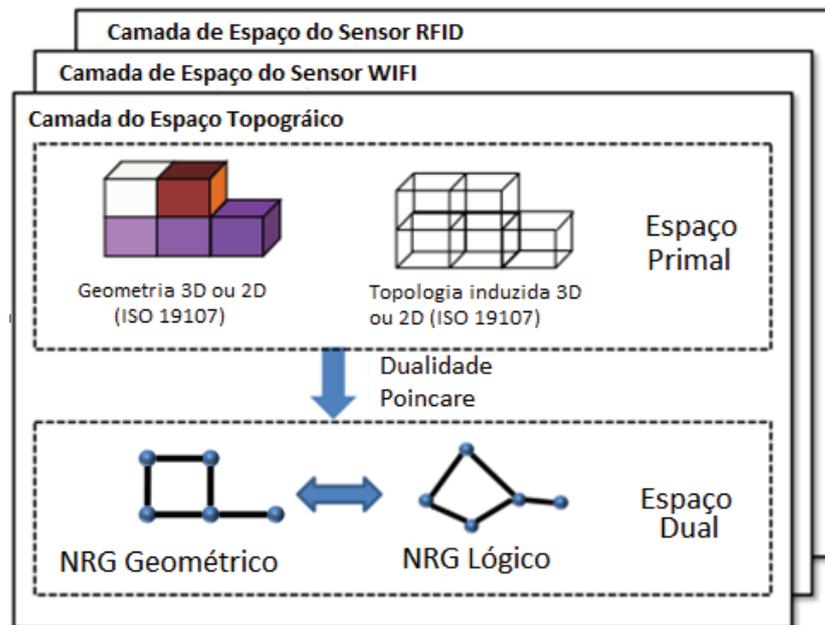
d) **CellSpace** é uma classe base para representar o espaço *indoor* e contém propriedades para atributos e representações geométricas do espaço.

e) **CellSpaceBoundary** é usado para descrever semanticamente o limite de cada característica geográfica no espaço.

O segundo modelo conceitual está relacionado com a representação através de multicamadas. Um determinado espaço *indoor* pode ser interpretado

semanticamente em diferentes espaços celulares. Por exemplo, um espaço *indoor* é representado como um espaço celular topográfico composto de salas, corredores e escadas, além de ser representado por células de cobertura Wi-Fi e células de cobertura do sensor RFID, respectivamente, como mostrado na FIGURA 11. Por esta razão, o IndoorGML suporta múltiplas representações de camadas e cada interpretação semântica de uma camada resulta em uma decomposição diferente do mesmo espaço *indoor* (LIDA et al, 2015).

FIGURA 11 – MSLM

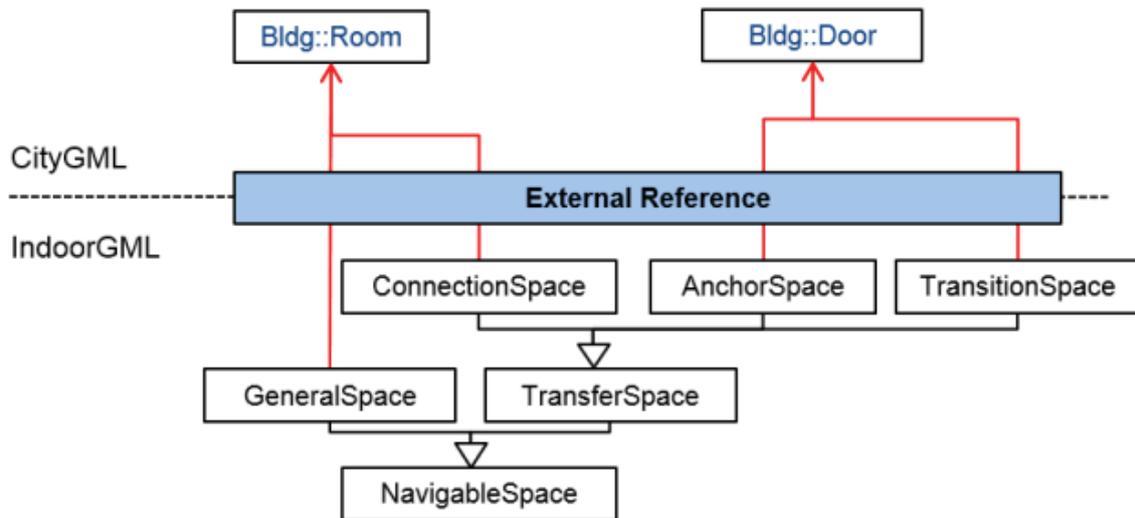


FONTE: Adaptado de OGC (2018).

2.1.4.3 Integração de dados

O IndoorGML fornece um método que permite realizar uma referência a um objeto em um conjunto de dados externo, como CityGML ou IFC. Essa integração visa complementar a codificação IndoorGML, por exemplo, quando não há informações geométricas ou semânticas para os recursos *indoor*. Um exemplo de referência externa, integrando o IndoorGML com o CityGML é apresentado na FIGURA 12.

FIGURA 12 – REFERÊNCIA EXTERNA



FONTE: OGC (2018).

Além disso, o IndoorGML fornece um conceito para definir elementos de topologia adicionais para conectar espaços *indoor* e *outdoor*, chamados nós de âncora. Por exemplo, um nó que representa a entrada de um edifício, pode ser considerado como um nó especial no gráfico topológico e ser utilizado como mediador de uma conexão do espaço interior e exterior (PARK; AHN; LEE, 2018).

Desde a sua publicação, vários estudos sobre os conceitos básicos e as aplicações foram feitas, como mapa de navegação para pessoas com deficiência visual como extensão de IndoorGML (RYU; KIM; LI, 2014) e comparação entre IndoorGML e CityGML LoD 4 (LI, 2016).

Como não há nenhum método para gerar os dados do IndoorGML, exceto manualmente, no trabalho de Kim e Lee (2015) os autores abordam um método semiautomático e utilizam a segmentação de imagens e métodos de classificação para identificar características específicas como portas e extrair o gráfico de conectividade correspondente com espaços interiores como corredores. Da mesma forma, Mirvahabi e Abbaspour (2015), propõe uma abordagem automática para extrair dados IndoorGML do OpenStreetMap.

2.1.5 IndoorLocationGML

O padrão nacional chinês *Local Multi-Dimensional Interior GML* (IndoorLocationGML) foi iniciado recentemente, com o objetivo de facilitar o desenvolvimento de aplicações ubíquas inteligentes de localização interna para pessoas e robôs. O objetivo é criar um modelo de informação de localização multidimensional *indoor* e formato de troca de dados padrão para posicionamento *indoor* e navegação (ZHU et al., 2016).

O IndoorLocationGML é apresentado com modelo de dados Esquema XML, baseado no esquema de aplicação do GML 3.2.1 e se concentra na ontologia e aplicação de localizações internas (por exemplo, localizações absolutas e relativas, direção). Ele propõe uma estrutura que pode gerenciar tanto curadoria, quanto descrições relativas de locais fechados, também permite um enriquecimento semântico, além de manter a topologia dos locais (por exemplo, distância, direção e ordem) (LIU et al., 2017).

Embora o IndoorGML se concentre principalmente no conceito espacial de espaço *indoor* e enfatize a estrutura de localização interna, ele não fornece informações sobre sistemas de referência de forma explícita, por isso, o IndoorLocationGML pode ser usado com IndoorGML como um complemento. Embora estes padrões cubram o espaço *indoor*, eles não cumprem completamente os requisitos para modelos de dados espaciais *indoor* padrão (KANG; LI, 2017).

Embora o IndoorGML suporte redes internas de várias camadas para navegação interior, o IndoorLocationGML pode fornecer uma localização multi-dimensões interna com informações mais precisas, por isso pode ser usado como complemento do IndoorGML, aplicando informações de localização para LBS *indoor* (ZHU et al., 2016).

2.1.6 Integração de modelos de dados espaciais

De acordo com (PARK; AHN; LEE, 2018), os dados espaciais existentes que representam o mundo real têm limitações, como vários formatos de dados, ausência de relações espaciais entre objetos e falta de compatibilidade entre dados geoespaciais. Para superar essas limitações, a integração de dados espaciais pode ser realizada, através de diferentes métodos, que são classificados da seguinte maneira:

- Fusão de dados usando uma transformação de dados geométricos: quando os dados são compatíveis, pode ser realizada uma conversão direta de dados. Caso os dados não sejam compatíveis entre si, é necessário definir um modelo de transformação para converter os dados e então combiná-los (PARK; AHN; LEE, 2018)

- Fusão de dados com um aspecto de visualização: esse método representa visualmente conjuntos de dados diferentes em um sistema de aplicativos.

- Fusão baseado nas relações topológicas do espaço entre entidades espaciais: esse método mescla dados conectando dados de relacionamento topológico entre conjuntos de dados diferentes.

A integração tem por objetivo melhorar os padrões, por exemplo, o IFC tem informações mais detalhadas sobre edifícios do que o CityGML e a conversão de dados entre eles requer a transformação de dados de atributos e geometrias (PARK; AHN; LEE, 2018). O CityGML e o IFC são padrões que focam na geometria 3D e semântica de edifícios, mas eles não possuem componentes que são necessários para o desenvolvimento de aplicações de navegação. Entretanto, podem ser utilizados em conjunto com o IndoorGML para a representação do espaço (MIRVAHABI; ABBASPOUR, 2015). A transformação do IFC ou CityGML em IndoorGML, requer apenas a criação de referências entre nós do NRG criados manualmente. Também é possível abstrair os modelos de construção 3D para modelos gráficos e transformar geometrias métricas e de contorno, incluindo suas informações semânticas (KHAN; DONAUBAUER; KOLBE, 2014).

Diversos trabalhos relacionados com a integração de padrões têm sido realizados, como o de Isikdag e Zlatanova (2009) que apresenta um estudo sobre como realizar a transmissão de informações automaticamente entre o IFC e o CityGML. Khan, Donaubauer e Kolbe (2014), descrevem um processo de transformação de várias etapas para gerar conjuntos de dados IndoorGML a partir de dados de modelos *indoor* existentes nos padrões IFC ou CityGML. A OGC apresenta um documento (OGC, 2016) que fornece uma comparação entre o CityGML e o padrão IndoorGML, apontando os pontos fortes e fracos dos padrões, e explica como integrá-los. Teo e Yu (2017) propuseram esquemas de conversão para extrair informações *indoor* de edifícios do BIM para o IndoorGML. Zlatanova et al. (2016), Alattas et al. (2017), Zlatanova; Oosterom; Lemmen (2016) investigam o uso combinado do IndoorGML e do LADM para definir a acessibilidade dos espaços

indoor com base na propriedade ou no direito funcional de uso. Liu et al. (2017), explica a diferença entre IndoorGML e IndoorLocationGML, visando à integração dos padrões.

2.2 SISTEMAS DE NAVEGAÇÃO INDOOR

A navegação é uma atividade comum que faz parte do nosso cotidiano, porém navegar por ambientes desconhecidos é uma ação cognitiva complexa e desafiadora, que exige que o pedestre tenha conhecimento a respeito de sua localização, mantenha a orientação correta ao se deslocar para um destino e não se perca durante o trajeto (FARR et al., 2012). Porém, as pessoas geralmente não possuem o mesmo nível em termos de habilidade, estratégia ou experiência, sendo assim, diferentes usuários podem encontrar diferentes tipos de dificuldade ao navegar. São pelo menos três fatores que contribuem para que as pessoas se percam: a estrutura espacial do edifício, os mapas cognitivos que os usuários constroem enquanto navegam e as estratégias e habilidades espaciais dos usuários (CARLSON et al., 2010)

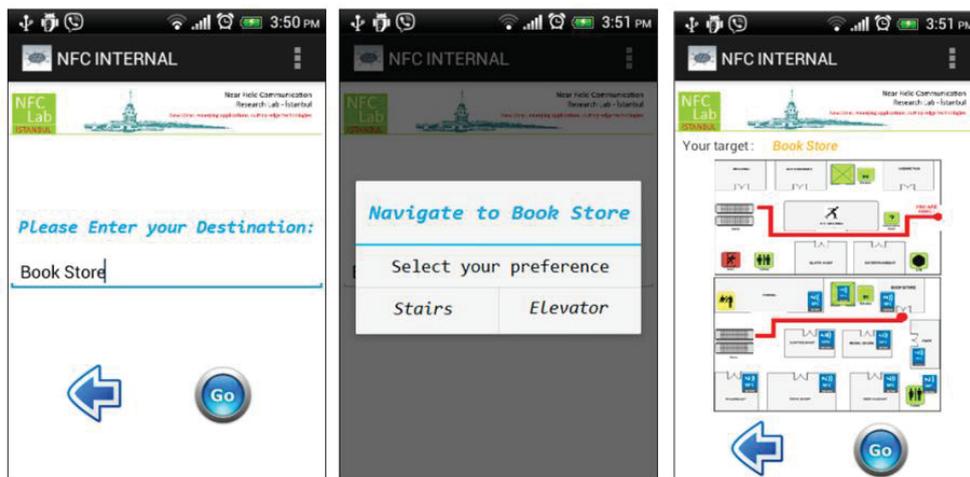
Os sistemas de navegação são ferramentas que dão suporte às tarefas de navegação. Sempre que tais sistemas auxiliam na autolocalização e no planejamento da rota, eles reduzem o esforço realizado pelo usuário para navegar. Entretanto, ao utilizar o sistema, o usuário pode se concentrar no sistema ou em outras tarefas além da navegação, degradando assim a aquisição de conhecimento espacial. Muito pouco se sabe sobre como projetar sistemas de navegação para pedestres de forma que aumente o desempenho de navegação, além da aquisição de conhecimento espacial (BRÜGGER; RICHTER; FABRIKANT, 2019).

Em ambientes *indoor* e *outdoor*, os mapas de rotas podem ser utilizados de duas maneiras distintas: para fins de planejamento ao serem utilizados antes de se iniciar o percurso, ou durante a realização do trajeto. No segundo caso a atenção do usuário acaba sendo dividida entre várias tarefas, como se deslocar, relacionar o ambiente com a representação do local, seguir as instruções e acompanhar a rota traçada. Portanto, os mapas devem apresentar informações de maneira clara e fácil de ler, além de apresentarem um formato conveniente para manipulação (AGRAWALA; STOLTE, 2001).

Apesar dos sistemas de navegação *indoor* serem desenvolvidos há bastante tempo, existem ainda algumas limitações em relação à representação do espaço *indoor*, à precisão do posicionamento e sua confiabilidade (JEAMWATTHANACHAI et al., 2016). Em geral, os sistemas de navegação *indoor* utilizam a informação de posicionamento como parâmetro de contexto para fornecer serviços e informações para os usuários (PUIKKONEN et al., 2009).

Porém, alguns sistemas não contam com uma tecnologia que permita determinar a posição do usuário constantemente dentro do ambiente. Quando o sistema não é capaz de se adaptar ao contexto automaticamente ele é considerado um sistema não adaptativo. Antunes e Delazari (2019) desenvolveram um sistema não adaptativo que apresenta a posição do usuário apenas no momento que a pessoa faz o reconhecimento de etiquetas QR-Code, implantadas em pontos de referência do ambiente. Apesar do sistema ajudar os usuários a se localizarem, os autores constaram que os participantes despendiam tempo no local tentando relacionar o mapa com o ambiente para certificar sua posição durante o trajeto, devido à ausência de informação posicional constante. Assim como o sistema anterior descrito, Ozdenizci et al. (2015) desenvolveram um sistema (FIGURA 13) e de baixo custo que utiliza também uma forma de posicionamento passivo, empregando tags Near Field Communication (NFC). Basicamente, o dispositivo móvel coleta a posição instantânea do usuário a partir das tags NFC que estão dispostas no ambiente.

FIGURA 13 – SISTEMA DE NAVEGAÇÃO *INDOOR* COM TAGS NFC



FONTE: OZDENIZCI et al. (2015)

A University of Colorado Boulder possui um sistema de navegação (FIGURA 14) que apresenta um mapa do campus e da parte *indoor* dos edifícios, entretanto não possui uma ferramenta de posicionamento. O sistema apresenta diversas funcionalidades para auxiliar o usuário a navegar, como a opção de selecionar quais informações o usuário deseja visualizar, por exemplo, espaços de estudo, estacionamentos ou laboratórios. Essa possibilidade de ver elementos alternadamente auxilia para que não haja excesso de informações e dificulte a compreensão do local. O sistema também permite traçar uma rota entre os ambientes, arrastando os marcadores de localização ou digitando no campo de busca.

FIGURA 14 - SISTEMA DE NAVEGAÇÃO *INDOOR* UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER.



FONTES: COLORADO (2021)

O sistema de navegação da The University of Arizona (FIGURA 15), não possui função para posicionamento, entretanto possui uma ferramenta que permite ao usuário buscar locais de seu interesse, mas não há a possibilidade de traçar uma rota entre os locais. Portanto, se o usuário souber o nome do ambiente onde ele se encontra, pode buscar no sistema e identificar sua posição no mapa, ao buscar um ambiente ele será destacado no mapa, e na sequência, pode buscar o ambiente ao qual deseja se dirigir.

FIGURA 15 - SISTEMA DE NAVEGAÇÃO *INDOOR* THE UNIVERSITY OF ARIZONA.

FONTE: ARIZONA (2021)

Um sistema é considerado adaptativo quando as suas características são adaptadas ao contexto e o sistema é capaz de reconhecer e se adequar aos ambientes que em geral são altamente dinâmicos (GARTNER et al., 2009). Portanto, esse seria um sistema de navegação móvel ideal, pois se adapta conforme o usuário se desloca pelo ambiente e gera instruções de navegação que são facilmente entendidas, ou fornece mais informações sobre seu ambiente atual para que ele possa identificar locais ou objetos no seu entorno. Além disso, um assistente móvel ideal deve ser capaz de localizar objetos arbitrários, que é uma pré-condição necessária para a geração de instruções navegacionais. Todas essas tarefas contam com alguns fundamentos espaciais, por exemplo, o estabelecimento de um quadro de referência, e a computação das relações espaciais (Bauss; Kray, 2002). Por exemplo, Dong et al. (2019) propõem o ViNav, um sistema que implementa o mapeamento *indoor*, localização e navegação com base em dados de sensores visuais e inerciais coletados de smartphones. Este sistema utiliza técnicas de Structure from Motion (SfM) para reconstruir modelos 3D de ambientes *indoor* a partir de imagens de *crowdsourcing*, além de localizar pontos de interesse em modelos 3D e compilar malhas de navegação para encontrar caminhos.

Yonsei Severance Hospital, na Coreia do Sul, lançou em 2017 um sistema de navegação chamado "My Severance" (FIGURA 16). O hospital instalou 2.000 beacons, um dispositivo de comunicação sem fio de curto alcance baseado no

protocolo Bluetooth 4.0, para determinar a posição do usuário, o que permite que pacientes e funcionários transitem com facilidade pelo hospital. O sistema também permite acessar informações referentes às consultas, histórico médico e é integrado com o sistema do estacionamento, permitindo que a pessoa saia automaticamente sem cobrar taxas de estacionamento ao registrar a placa do seu veículo (KOREA, 2021).

FIGURA 16 - SISTEMA DE NAVEGAÇÃO INDOOR SEVERANCE HOSPITAL

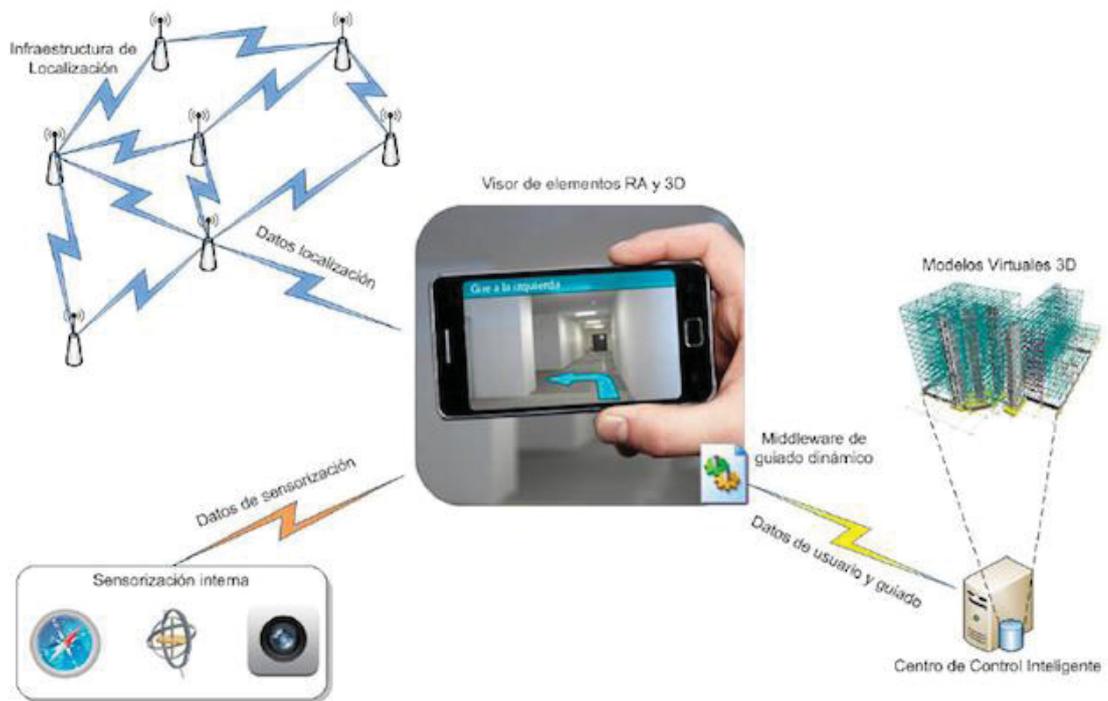


FONTE: JP (2021)

A plataforma 3DMovRA (FIGURA 17) é um aplicativo que contém informações detalhadas sobre a edificação e que fornece instruções precisas para orientar o usuário, com base em sua posição atual e cálculo automático da rota, sem a necessidade de pistas visuais fixas. Desta forma, o usuário acessa o sistema através de um dispositivo móvel, seja um celular, um smartphone, um PDA ou um tablet, que deve ser equipado com alguma interface de conexão sem fio, como 3G, Wi-Fi, Bluetooth ou ZigBee. Através das conexões sem fio, a localização de cada usuário será estabelecida graças à infraestrutura de identificação e localização que foi previamente instalada no edifício. A partir daí, o usuário poderá indicar um destino através do aplicativo e a plataforma se encarregará de calcular o percurso mais eficiente para orientar o usuário. Portanto, essa é uma plataforma que por meio

de sinais Wi-Fi e *bluetooth*, juntamente com os recursos do dispositivo móvel como a bússola e acelerômetro, fornece o posicionamento do usuário e apresenta o ambiente em realidade aumentada (3DMovRA, 2021).

FIGURA 17 - 3DMovRa



FONTE: (3DMovRA, 2021).

2.2.1 Recursos Cognitivos e Computacionais

A evolução dos dispositivos móveis e o desenvolvimento de redes de alta velocidade sem fio têm possibilitado o desenvolvimento de aplicações cada vez mais complexas, como os sistemas de navegação. Apesar da evolução, mesmo os smartphones mais recentes têm algumas limitações quando comparados aos computadores desktop tradicionais. As principais diferenças e limitações estão relacionadas com poder de processamento, capacidades gráficas, o tamanho reduzido da tela e as diferenças de interação, como apresentado na FIGURA 18 (POMBINHO; CARMO; AFONSO, 2015). Por exemplo, para que seja possível apresentar uma área grande na tela do dispositivo móvel, a informação precisa ser generalizada, ocasionando dificuldade de identificação de um objeto específico, como locais e pontos de referência no mapa (HARUN et al. 2009). Sendo assim,

tudo o que é mostrado na tela deve ser transmitido de forma que seja facilmente percebido e compreendido pelo usuário.

FIGURA 18 - SISTEMA DE NAVEGAÇÃO DESKTOP E MOBILE



Fonte: O autor (2021).

É preciso levar em conta as limitações ao se desenvolver um sistema de navegação móvel pois podem tornar os sistemas difíceis de projetar e usar, visto que as restrições de recursos e de interação impõem dificuldades para desenvolvedores e usuários desses aplicativos. Por isso, a usabilidade desses sistemas progressivamente mais complexos deve ser explorada com cuidado, uma vez que usuários inexperientes não adotarão esses serviços com entusiasmo se a complexidade da interação e suas restrições não são removidas (POMBINHO; CARMO; AFONSO, 2015).

Segundo Coors et al. (2005), para projetar um sistema que será visualizado em dispositivos móveis e que possua uma apresentação eficiente, é necessário adaptá-la a fatores situacionais, como os recursos disponíveis no momento ou a qualidade das informações posicionais disponíveis. Sendo assim, dois tipos de recursos possuem relevância, os recursos cognitivos e os recursos técnicos.

Os recursos cognitivos estão relacionados com o usuário do sistema e afetam a maneira como as informações devem ser apresentadas ao usuário, pois as suas ações influenciam a memória e a atenção empregada ao usar o sistema e podem ser severamente limitadas, por exemplo, quando um usuário executa mais de uma tarefa simultaneamente.

Os recursos técnicos estão relacionados com o dispositivo móvel empregado e incluem fatores como velocidade, largura de banda, tamanho e resolução da tela. Os recursos técnicos citados são especialmente importantes pois influenciam a velocidade do processo de geração das informações espaciais, e podem limitar a apresentação em termos de complexidade e escolha da mídia, além de afetar a transmissão de dados. Além disso, a resolução da tela influencia o layout e o nível de detalhes de uma apresentação.

Uma abordagem para lidar com esses problemas é adaptar a visualização ao contexto do usuário, onde esse é usado para diminuir as restrições impostas pelas pequenas telas dos dispositivos móveis e adequar a visualização. Aplicações que são adaptadas para o contexto do usuário são especialmente relevantes pois melhoram a usabilidade de tarefas de visualização de informação em dispositivos móveis com uma tela pequena, e reduzem a carga cognitiva inerente aos cenários móveis (POMBINHO; CARMO; AFONSO, 2015). Por exemplo, em um sistema de navegação *indoor* os pedestres precisam de referências semânticas, que servem como meio de ligação entre o mapa e o mundo real, portanto dicas geométricas através de instruções *turn-by-turn* ou valores de distância são menos úteis para orientação de pedestres do que para motoristas que utilizam sistemas de navegação (LORENZ et al., 2013a).

Portanto, ao desenvolver um sistema que seja robusto é preciso avaliar os recursos técnicos e cognitivos, juntamente com a disponibilização de informações que sejam importantes para o usuário, como a informação da sua posição e as informações espaciais. Mas para que o sistema seja robusto é preciso fornecer meios para lidar com situações específicas como a ausência de informações posicionais ou quando o sensor responsável por tal informação apresenta um resultado impreciso ou quando não há uma leitura pelo sensor e nenhuma informação posicional é apresentada (COORS et al., 2005).

2.2.1.1 Informação Posicional

A tarefa de explorar áreas desconhecidas torna-se mais eficiente quando informações relevantes sobre o posicionamento do usuário são mostradas do que quando nenhum tipo de informação está disponível (POMBINHO; AFONSO; CARMO, 2011). A identificação da localização em um determinado espaço pode ser determinada pela coordenada (x, y) quando se trata de uma abordagem

bidimensional ou (x, y, z) no espaço 3D. Outras abordagens possíveis para identificar a localização no espaço *indoor* são através de sistemas de referência espacial que são relativos ou que usem identificadores simbólicos (por exemplo, número do ambiente) (LI et al, 2019).

De acordo com Bauss e Kray (2002), quando se trata de informação posicional podem ser encontrados quatro tipos distintos:

- a) informações precisas são as informações fornecidas pelos sensores que possuem precisão suficiente para que o usuário possa resolver a tarefa de navegar diretamente sem que nenhum trabalho adicional seja necessário (Bauss; Kray, 2002);
- b) informações imprecisas são as informações de posicionamento que estão disponíveis apenas em um nível de qualidade que é insuficiente para atender à tarefa atual. No entanto, existe a possibilidade de aumentar a precisão dos dados medidos, ao empregar *dead reckoning* para se ter uma estimativa da rota atual, baseada em informações de velocidade e posição conhecidas anteriormente. Também é possível adaptar a tarefa para trabalhar com as informações disponíveis, por exemplo, ao usar informações posicionais computacionais mais grosseiras (Bauss; Kray, 2002);
- c) nenhuma informação é quando não há informação posicional disponível, seja pela ausência de sensores ou por mau funcionamento, impossibilitando a obtenção do posicionamento. Neste caso, a tarefa não pode ser executada sem a aplicação de mecanismos de raciocínio para inferir informações posicionais ou para adaptar a tarefa, o que a torna mais difícil do que quando há informações imprecisas (Bauss; Kray, 2002);
- d) informação falsa é apresentada quando os sensores ou dispositivos retornam informações falsas, por exemplo quando bússolas eletrônicas estão perto de grandes estruturas metálicas. A tarefa em questão pode falhar caso não seja notado que a informação adquirida é uma informação falsa, porém se for detectado, esse caso equivale ao item anterior e caracteriza falta de informação (Bauss; Kray, 2002).

Portanto, quando há informação posicional é preciso analisar a sua qualidade e em sua ausência pensar em formas de mitigar os problemas ocasionados por sua falta. É preciso determinar como o sistema deve se comportar quando a posição do usuário não é disponibilizada constantemente em sistemas que não são adaptáveis. Por exemplo, ao usar um sistema de posicionamento passivo baseado QR-Code (FIGURA 19) como apresentado no trabalho de Antunes e Delazari (2019). Nessa solução somente a informação momentânea do usuário é apresentada ao escanear

o código que está fixado em pontos de referência do ambiente, mas a partir do momento que o usuário começa a se deslocar em direção ao seu destino o sistema não atualiza a posição e o usuário é responsável por relacionar o mapa com o ambiente ao navegar pelo ambiente em busca do local desejado.

FIGURA 19 - SISTEMA DE NAVEGAÇÃO COM POSICIONAMENTO PASSIVO



FONTE: Antunes e Delazari (2019).

Portanto, a informação posicional afeta a capacidade de navegação em ambientes *indoor*, sendo que a noção de informação posicional não inclui apenas a localização absoluta ou relativa do usuário, mas também a direção de visualização e orientação do corpo e rumo, que podem ser empregados para auxiliar o usuário a se localizar (COORS et al., 2005) (BAUSS; KRAY, 2002). Pois em muitos casos, um sistema precisa conhecer esses fatores para fornecer serviços ao usuário que são adaptados à sua posição atual. As direções da rota, por exemplo, geralmente incluem instruções de rotação, que dependem de uma direção de referência (ou seja, a direção de visualização, orientação do corpo ou direção) (COORS et al., 2005). Portanto quando não há informação posicional ou quando ela está indisponível, os pontos de referência se tornam fundamentais para a compreensão do ambiente, pois assim a tarefa de relacionar o ambiente com a representação apresentada pelo sistema é facilitada, ajudando o usuário a se localizar, e se orientar e seguir na direção correta. É importante entender os processos cognitivos que envolvem a utilização dos mapas e da simbologia empregada por parte do usuário, pois esses elementos servem para criar e manter representações integradas do espaço e, portanto, podem fornecer uma base para encontrar

caminhos bem-sucedidos e dar senso de direção. Essas descobertas são essenciais para ajudar as pessoas a encontrarem seu caminho de forma eficiente, especialmente quando o tempo é um fator crítico como em emergências (HUND, 2016).

Hoje em dia, os dispositivos móveis são amplamente usados como auxiliares de navegação, por exemplo, para navegação automovel. Sua maior vantagem é a capacidade de posicionamento de forma automática e constante. De acordo com Kunhoth et al. (2020), em ambientes *indoor* o custo de implementação de ferramentas de posicionamentos pode ser uma barreira para a aplicação de alguns sistemas em cenários do mundo real.

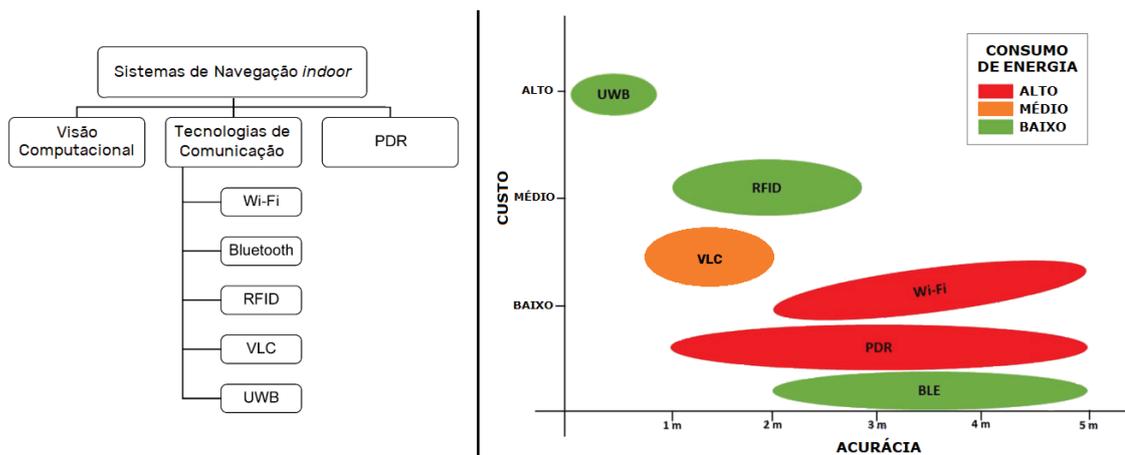
Kunhoth et al. (2020), apontam que os sistemas de navegação *indoor* podem ter o posicionamento determinado por visão computacional, navegação estimada de pedestres (PDR) ou através de tecnologias de comunicação. Sistemas baseados em visão computacional empregam câmeras omnidirecionais, câmeras 3D ou câmeras embutidas de smartphones para extrair informações sobre ambientes *indoor*. A navegação estimada de pedestre (PDR), estima a posição do usuário com base em posições anteriores, utilizando dados de acelerômetros, giroscópios, magnetômetros, etc. Como exemplos de tecnologias de comunicação tem-se:

- a) **Identificação por radiofrequência (RFID):** Os sistemas RFID consistem em um Leitor RFID e etiquetas RFID anexadas aos objetos, que podem ser ativas ou passivas (quando é necessária uma fonte de alimentação externa e quando não é, respectivamente);
- b) **Wi-Fi:** Usam impressão digital RSS, que é a intensidade do sinal recebido, ou métodos de triangulação ou trilateração para posicionamento, utilizando os pontos de Wi-Fi existentes nos edifícios;
- c) **Comunicação de Luz Visível (VLC):** Sistemas baseados em VLC utilizam as lâmpadas fluorescentes ou LED existentes dentro de edifícios, a luz emitida pelas lâmpadas é detectada usando câmeras de smartphones ou um fotodetector independente;
- d) **Bluetooth:** Os sistemas baseados em Bluetooth usam beacons Bluetooth de baixa energia (BLE) como fonte de sinais radiofrequência para rastrear as posições dos usuários usando abordagens de detecção de proximidade ou impressão digital RSSI, que é o indicador de intensidade do sinal recebido;
- e) **Banda Ultralarga (UWB):** utilizam RSS, ângulo de chegada (AOA), tempo de chegada (TOA) e diferença de tempo de chegada (TDOA) para estimativa de posição.

De acordo com Ozdeniczi, Coskun e Ok (2015) a informação de posicionamento *indoor* pode ser obtida através de diferentes sistemas de posicionamento e eles são classificados e abordados na literatura de acordo com as características de sua estrutura. Um exemplo de classificação é em relação a forma de obtenção da informação posicional, que pode ser ativa ou passiva. Como exemplos de posicionamentos ativos temos: Sensores, Infravermelho, Ultrassom, UWB, WLAN, Bluetooth, Active RFID e posicionamentos passivos: QR-Codes, RFID passivo, NFC.

Cada sistema de posicionamento apresenta vantagens e desvantagens, possuem por exemplo diferentes acurácias, a FIGURA 20 apresenta uma comparação de várias tecnologias de posicionamento *indoor* em termos de precisão, custo de implementação e consumo de energia, além da classificação hierárquica.

FIGURA 20 - HIERARQUIA E COMPARAÇÃO DE FERRAMENTAS DE POSICIONAMENTO INDOOR



FONTE: Adaptado de KUNHOTH et al., (2020).

2.3 PONTOS DE REFERÊNCIA COMO SUPORTE À ORIENTAÇÃO E NAVEGAÇÃO

Um grande problema para os usuários de ambientes virtuais é a manutenção do conhecimento da sua localização e orientação enquanto se movem através do espaço. A navegação é o processo pelo qual as pessoas controlam seu movimento usando sugestões ambientais e ajuda artificial, tais como mapas, assim é possível alcançar seus objetivos sem se perder (DARKEN; SIBERT, 1993). Devido à

complexidade dos ambientes *indoor* e a grande liberdade de circulação por parte do pedestre, como por exemplo, ao usar elevadores e escadas, o pedestre pode se sentir desorientado (SPASSOV, 2007). Outro fator que influencia a navegação é a dificuldade de compreensão da configuração espacial interna, ocasionada pelo campo de visão restrito devido a existência de elementos sólidos como portas e paredes o que gera uma demanda por mais informações e pistas locais como sinalizações (LORENZ et al., 2013b).

Para manter a orientação, um navegador precisa observar constantemente o ambiente para extrair pistas, como pontos de referência, e combiná-las com o mapa. Portanto, pontos de referência desempenham um papel crítico atuando como âncoras a partir das quais os usuários se orientam e determinam sua posição (NURMINEN, 2008).

Para Sorrows e Hirtle (1999) e Vinson (1999) os pontos de referência indicam posição, auxiliam na orientação espacial, apoiam a orientação inicial em um ambiente não familiar, ajudam a discriminar características de uma região, são essenciais para a navegação, pois a utilização desses elementos possibilita o conhecimento do ambiente, auxiliando o desenvolvimento de novas rotas, dão suporte à navegação, facilitando a aquisição e aplicação do conhecimento espacial. Eles também permitem a verificação dos progressos realizados através de rota, auxiliam na identificação de pontos de escolha para tomada de decisões; permitem identificar os pontos de origem e destino, além de influenciar as expectativas, dando pistas de orientação e através dos pontos de referência o usuário pode se certificar ao longo de uma rota que está no caminho correto (LI, 2007).

É importante que os pontos de referência projetados também sejam identificados no mundo real, por isso há duas questões relativas à forma como eles devem ser representados. Uma questão refere-se às características físicas do ponto de referência, pois eles devem ser facilmente identificados. A outra questão refere-se às maneiras distintivas dos pontos, pois eles devem ser fáceis de distinguir de outros, especialmente os pontos mais próximos. Caso contrário, um usuário poderia confundir um ponto de referência com o outro, ocasionando erros na navegação ou orientação (VINSON, 1999). A diversidade de ambientes *indoor* dificulta a compreensão e locomoção dos indivíduos no espaço, pois os ambientes possuem características estruturais próprias, portanto existe a necessidade de heurísticas

específicas voltadas à compreensão, orientação e navegação espacial nos diversos tipos de ambientes *indoor* (Sarot; Delazari, 2018; Antunes; Delazari, 2019).

Alguns trabalhos têm como objetivo investigar o uso de pontos de referência visando compreender como eles podem auxiliar tarefas de navegação, por exemplo, Gangaputra (2017) apresenta em sua pesquisa quais são as principais características de um ponto de referência do ambiente *indoor*, como singularidade, contraste, proeminência espacial e cognição, além de realizar comparações com pontos de referência do ambiente externo. Russo (2012), investigou como gerar automaticamente rotas e instruções para a orientação, incluindo os pontos de referência visíveis ao longo da rota.

Lida et al. (2015), desenvolveu um sistema de navegação por voz que emprega pontos de referência do ambiente *indoor*, mas não apresenta nenhum mapa de visualização do ambiente. Ryu, Kim e Li (2014), desenvolveram um sistema de navegação para pessoas com deficiência visual que emprega pontos de referência como auxílio à navegação.

Existem diferentes formas de se classificar os pontos de referência de um ambiente *indoor*, por exemplo, Sorrows e Hirtle (1999) propõe que os pontos de referência podem ser divididos em três categorias: visuais, cognitivos e estruturais.

a) Visuais: são locais que se destacam em relação ao seu entorno, possuem proeminência de localização espacial e características visuais distintas, tornando o elemento particularmente memorável (SORROWS; HIRTLE, 1999). Um exemplo seria um caixa eletrônico dentro de um ambiente.

b) Cognitivos: o significado se destaca porque tem um significado típico, ou porque é atípico, no ambiente. Pode ser culturalmente e historicamente importantes (SORROWS; HIRTLE, 1999). Laboratórios e secretarias são exemplos de marcos cognitivos, pois podem externamente se apresentarem de maneira semelhante a outros elementos como salas de aula, mas seu significado se destaca tornando-o memorável.

c) Estruturais: é aquele cuja importância vem do seu papel ou localização em relação à estrutura do espaço e pode ter uma posição proeminente no ambiente (SORROWS; HIRTLE, 1999). Como exemplo, uma passarela que faz conexão entre dois prédios.

Sarot (2020) divide os ambientes considerados pontos de referência espaciais (SRP) em duas classes: marcos de referência e pontos de interesse, sendo que os marcos de referência são considerados pontos de referência global, e os pontos de interesse são ambientes que auxiliam um grupo específico de usuários na execução de uma tarefa ou um interesse no ambiente. Entretanto, a classificação de MR e POI não é algo fixo, pois pode variar de acordo com os usuários, períodos de tempo, estado emocional, mudanças no ambiente entre outros fatores, sendo assim impossível fornecer uma lista definitiva e completa de objetos que se enquadram nessas categorias (RICHTER; WINTER, 2014).

Integração de pontos de referência no auxílio de localização é essencial para gerar direções de rota cognitivamente ergonômicas. Apesar de serem amplamente usados na descoberta de caminhos e na comunicação sobre a rota, os sistemas de informação espacial nem sempre fazem referência a eles. O principal motivo é a falta de dados disponíveis sobre pontos de referência ou mesmo uma definição acordada sobre as características que definem um marco (RUSSO, 2012)

2.3.1 Marcos de Referência (MR)

De acordo com Gangaputra (2017) um marco de referência *indoor* é um ponto de interesse no interior de uma estrutura que pode ser um ponto que auxilie na manutenção da rota ou um ponto de decisão que pode ajudar a pessoa a navegar e explorar o interior do edifício. Este elemento pode ser usado para alcançar um destino particular ou para explorar o ambiente.

Marcos de Referência também estruturam representações mentais humanas do espaço, sendo localizados em posições específicas do espaço e se destacam no ambiente. Estes recursos naturais ou artificiais encontrados no ambiente apoiam o processo cognitivo do usuário relacionado à comunicação, orientação e navegação espacial (LYNCH, 1960; SORROWS; HIRTLE, 1999). Desse modo, qualquer objeto que auxilie as construções mentais do indivíduo e tenha a função de estabelecer a localização de outros objetos no ambiente pode ser considerado um MR.

Mas para desempenhar sua função, o objeto deve ter a propriedade principal de ser reconhecível no ambiente, devido às suas características. Além disso, o contexto de utilização e as mudanças antrópicas e temporais no ambiente, também determinam se um objeto é ou não um MR em uma região (RICHTER; WINTER,

2014). Para que o objeto seja identificado é preciso que ocorra atração visual, os pontos de referência se qualificam como visualmente atraentes se tiverem características que apresentem um nítido contraste com seus arredores ou uma localização espacial proeminente. A atração visual pode estar relacionada com a área de sua fachada, forma, cor e visibilidade do objeto (GANGAPUTRA, 2017). Couclelis e Golledge (1987) ainda apontam que elementos podem ser considerados marco de referência em virtude de algum significado simbólico relacionado a este pelo usuário, seja por sua importância histórica, seu significado religioso ou sociocultural.

O emprego de MR *indoor* nos sistemas de navegação, pode consolidar as informações do mapa cognitivo do usuário e minimizar a perda de orientação espacial. A inclusão desses elementos deve ampliar a robustez e a eficácia do processo de interação humano-computador (FANG et al., 2015). Pois as instruções fornecidas pelo sistema de navegação ao se utilizarem de pontos de referência espacial que são visíveis ao usuário no ambiente, reduz o tempo gasto no processo de orientação espacial (FANG et al., 2012).

Em contrapartida, a ausência de informações relativas aos MR nos sistemas de navegação pode ocasionar problemas ao usuário, principalmente relacionados a inconsistências no processo cognitivo que podem implicar no estabelecimento de rotas incorretas. Portanto, os sistemas de navegação para pedestres baseados em MR são considerados uma solução promissora para auxiliar a navegação dos usuários em ambientes *indoor* desconhecidos (FANG et al., 2012).

2.3.2 Pontos de Interesse (POI)

Pontos de Interesse (POI), são elementos que auxiliam um grupo específico de usuários na execução de uma tarefa ou que despertem interesse no ambiente. Entretanto, a utilização do POI como um ponto de referência espacial no ambiente, depende exclusivamente de um contexto particular do indivíduo, por isso são descritos como SRP apenas por grupos menores de indivíduos.

Devido a densidade de POI no ambiente com as mesmas características físicas e/ou funcionalidades, é possível que alguns usuários considerem irrelevante a sua utilização como ponto de referência espacial (FANG et al., 2015). Além disso, a densidade de POI e sua utilização como ponto de referência espacial pode

aumentar a probabilidade do usuário se desorientar no ambiente (RICHTER; WINTER, 2014).

2.4 REPRESENTAÇÃO

O mapa é um dos principais elementos que compõem um sistema de navegação *indoor*, além de ser uma das ferramentas mais eficazes para a navegação. A organização do mapa, a sua exibição e a relação entre o mapa físico e seu associado mapa cognitivo também estão relacionados à eficiência na tarefa de navegação e orientação (DARKEN; SIBERT, 1993). Um desafio na geração de mapas consiste na produção de informações geográficas que possam ser decodificadas adequadamente pelo usuário, por isso é importante incluir informações e elementos que possibilitem ao usuário combiná-lo com o ambiente real, porém sem sobrecarregá-lo com o excesso de informações (COORS et al., 2005).

No entanto, não existe uma solução universal quando se trata de representação de ambientes *indoor* (GAI; WANG, 2015), principalmente considerando questões relativas à simbologia. O ambiente *indoor* pode ser abordado com diferentes estratégias de representação e visualização, como desenhos arquitetônicos, mapas planta baixa, mapas esquemáticos, representações 3D, realidade aumentada e virtual (ANTUNES, 2016).

Em geral, as pesquisas de mapeamento *indoor* se concentram mais em sistemas de posicionamento e menos nas possibilidades de representações dos ambientes. Porém, a representação é um fator muito importante, pois influencia diretamente o usuário ao auxiliar no processo de orientação e navegação no ambiente (SAROT; DELAZARI, 2018).

Independentemente do método de representação desenvolvido a simbologia nesses mapas tem um propósito específico que é auxiliar na navegação e permitir corretamente a extração de informação sobre o ambiente, tornando possível que o usuário do mapa correlacione adequadamente a representação com o mundo real. Além disso, a simbologia deve permitir ao usuário identificar sua localização, estimar posições relativas e distâncias, desenvolver conhecimentos sobre pontos de referência e rotas (SCHMIDT; DELAZARI, 2013). Em geral, no ambiente *indoor* existe a necessidade de se representar um número elevado de informações e

andares, mas sempre de forma que auxiliem o processo de orientação e navegação do usuário no ambiente (SAROT; DELAZARI, 2020). A utilização de mapas mais detalhados faz com que o usuário dedique mais atenção visual às instruções, acarretando um gasto maior de tempo na tarefa de orientação (BAUER; LUDWIG, 2019).

Segundo Gotlib et al. (2020), os usuários precisam de uma interpretação acessível do conteúdo apresentado. Portanto, a metodologia cartográfica empregada deve possibilitar a transferência efetiva de informações sobre espaço para um usuário não qualificado. A metodologia inclui, entre outras coisas, os princípios de generalização cartográfica, apresentação de dados em várias escalas, o uso de gráficos conhecidos, convenções, ou o uso adequado de variáveis visuais (GOTLIB et al, 2020). O projeto dos mapas envolve o processo de generalização do ambiente físico, a partir da representação dos seus elementos naturais, culturais e suas características através do emprego de simbologia adequada (SAROT; DELAZARI, 2020). Porém, a segmentação do espaço necessária para adequar a representação ao tamanho reduzido da tela dos dispositivos móveis pode afetar negativamente o usuário, ao influenciar a orientação e a compreensão espacial (LORENZ et al., 2013a).

Os mapas de ambientes *indoor* para navegação devem ser projetados de forma a evidenciar as informações de uma rota junto com informações relevantes do contexto, como pontos de referência e anotações. A principal diferença entre mapas de ambientes *indoor* e externos é a estrutura e a disposição dos espaços do ambiente *indoor*, pois estes podem conter vários andares, portanto podem não ser apresentados em um único plano bidimensional (LORENZ et al., 2013b).

A cartografia *indoor* também deve levar em consideração os requisitos de orientação e visão geral do usuário, bem como questões relacionadas aos sistemas de navegação *indoor* para ser eficiente (SAROT; DELAZARI, 2018). E deve seguir requisitos cartográficos específicos, como clareza, compreensão, rapidez e conveniência (LORENZ et al., 2013a).

A capacidade de navegação *indoor* depende de dois componentes principais que precisam ser levados em consideração, pois fornecem informações complementares ao sistema. O primeiro componente consiste dos objetos, que podem ser móveis, obstáculos ou barreiras que impedem a navegação no interior de um edifício. O segundo componente é a informação sobre os edifícios, por exemplo

informações gerais, plantas baixas, *wayfinding*, exposições, eventos e informações externas (FIGURA 21). A informação espacial interna é a mais importante em termos de promoção da navegação *indoor*, pois beneficia quem procura informações ao navegar em espaços públicos e edifícios (hospitais, aeroportos, universidades, lojas de departamento). Portanto para promover a navegação *indoor*, é preciso entender quais informações essenciais devem ser incluídas nos dados do mapa e como a representação deve ser realizada para cobrir todos os problemas e desafios relacionados com a navegação *indoor* (JEAMWATTHANACHAI et al., 2016).

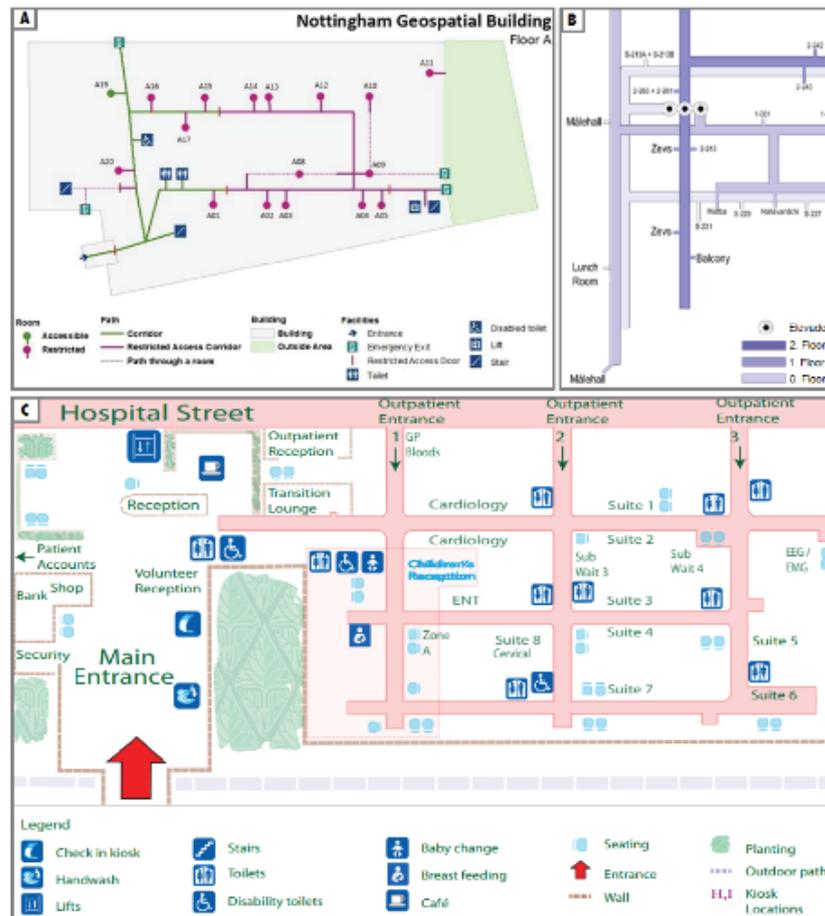
FIGURA 21 - SISTEMA DE NAVEGAÇÃO INDOOR



FONTE: GOTLIB (2020).

Pesquisas voltadas ao mapeamento esquemático *indoor* apresentam diferentes formas de representação. Por exemplo, Delazari et al. (2014) dá destaque aos pontos de referência presentes no ambiente através do emprego de símbolos pontuais pictóricos (FIGURA 22A). Nossun (2013) utiliza a variação de tamanhos dos rótulos das salas, para destacar sua importância, portanto salas com rótulos maiores possuem maior grau de relevância (FIGURA 22B). Ryder (2015) cria em sua representação (FIGURA 22C) diferentes níveis de hierarquia visual, ao empregar símbolos pontuais pictóricos com fundo azul para os principais pontos de referência e sem fundo para os pontos de referência auxiliares.

FIGURA 22 - MAPAS ESQUEMÁTICOS INDOOR



FONTE: Adaptado de: A - DELAZARI et al. (2014); B - NOSSUM (2013); C - RYDER (2015)

Apesar dos autores citados apresentarem diferentes formas de representação, é possível notar que todos têm em comum a intenção de criar diferentes níveis visuais, ao dar destaque aos elementos que julgam mais importantes no ambiente, como os pontos de referência. Estes pontos são importantes para auxiliar o usuário a compreender e adquirir conhecimento sobre o ambiente, pois dão suporte à orientação inicial em um ambiente desconhecido e são essenciais para a navegação. Além disso, os pontos de referência auxiliam no desenvolvimento da confiança do usuário ao percorrer um trajeto, pois ao encontrar no ambiente real os pontos de referência indicados em um mapa, ele certifica-se de que está traçando o caminho esperado (KLIPPEL; WINTER 2005, VINSON, 1999).

Os pontos de referência servem para orientar os pedestres e tem um grande impacto na eficiência nas interações do usuário e na descoberta de ambientes (BAUER; LUDWIG, 2019). No entanto, o design do mapa muitas vezes restringe o conjunto de estratégias que podem ser empregadas para entender e comunicar as

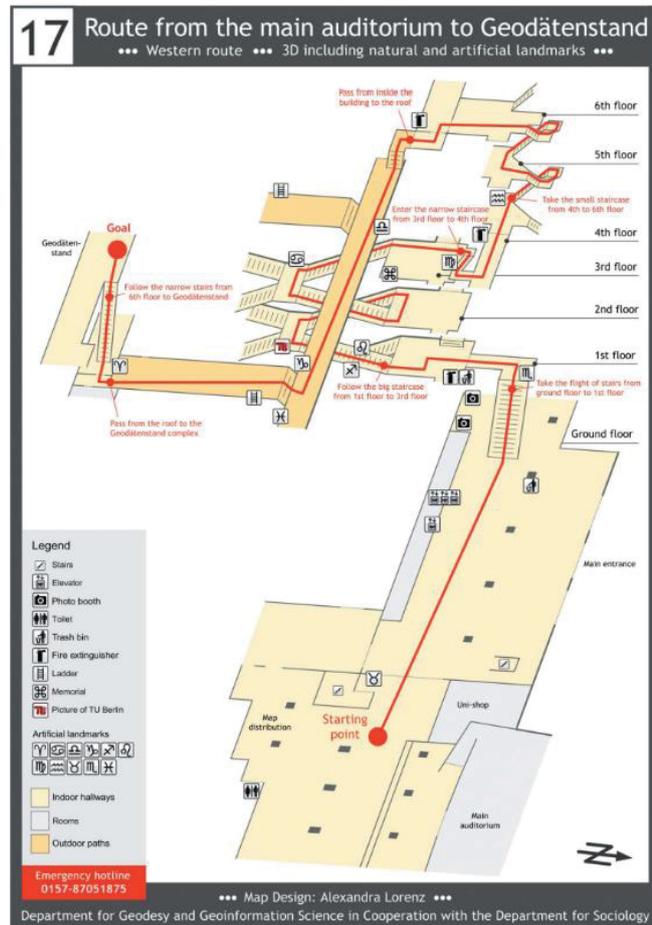
informações espaciais (KRUKAR; ANACTA; SCHWERING, 2020). Por isso, é preciso compreender qual a melhor forma de se representar e destacar elementos tão importantes como os pontos de referência. De acordo com Sarot; Delazari (2020), a cartografia *indoor* não recebeu muita atenção apesar do crescimento neste setor do mercado de mapeamento. Porém, pesquisas apontam que existe uma influência direta da simbologia no processo de orientação e navegação espacial, além disso, o emprego de simbologia pictórica pode ser uma alternativa para fornecer ao usuário informações adicionais ao processo de tomada de decisão (SAROT; DELAZARI (2018); ANTUNES; DELAZARI (2019))

2.5 ROTAS

De acordo com Fang et al. (2020), um ponto de referência espacial é uma área ou objeto fixo específico em um mapa, que desempenha um papel importante para o usuário ao auxiliar no processo de descoberta de rotas e da compreensão do ambiente. Esses elementos servem como um guia de caminho ou uma identificação posicional, podem ajudar as pessoas a construir representações dos arredores, ou melhorar sua confiança nas decisões de busca de caminhos. E uma rota é uma representação topológica de um mapa *indoor*, a representação da rota pode reduzir a carga cognitiva de usuários, auxiliá-los a entender o mapa e melhorar sua eficiência de navegação. Pontos de referência e rotas são dois tipos de informações relacionadas à navegação que podem ser incluídas nos mapas, e ambos têm impactos importantes em aplacar as emoções dos usuários para garantir decisões corretas na descoberta de um trajeto no ambiente *indoor*. Os pontos de referência mostram as informações espaciais de objetos reais, enquanto as rotas simplificam a navegação, informações que os usuários do mapa precisam compreender. No entanto, a utilização desses elementos deve ser realizada de forma adequada, evitando sempre o excesso de informações (FANG et al., 2020). As rotas e os pontos de referências estão diretamente ligados (FIGURA 23), pois apresentar a rota sem contexto dificulta encontrar o caminho em um edifício. Portanto, o leitor precisa de um nível mínimo de informações de contexto para ligar o mapa para a realidade, para isso ao desenvolver a representação é preciso determinar quais informações do contexto são realmente necessárias. O benefício dos marcos como dicas de orientação é inegável (LORENZ et al., 2013b). Em relação a representação da rota

Martins (2020) aponta que é pertinente estudar com maior profundidade esse tema, por exemplo, a representação pode ser realizada através da atribuição de diferentes cores ou formatos para representar distintos andares ou ambientes, como *indoor* e *outdoor*.

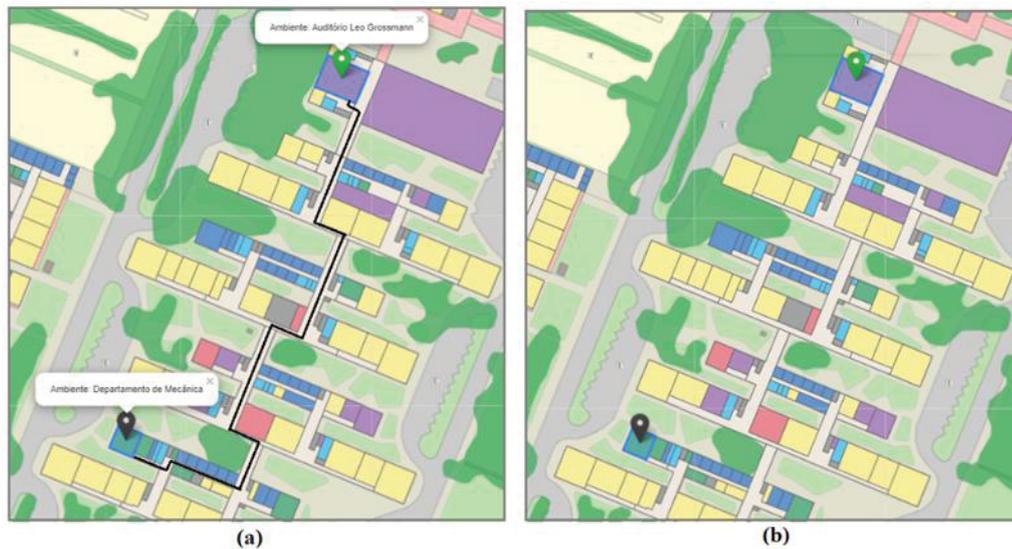
FIGURA 23 - ROTAS E PONTOS DE REFERÊNCIAS



FONTE: LORENZ et al. (2013b).

Outro elemento que pode auxiliar o usuário é a representação gráfica da instrução de rota destacando o caminho a ser percorrido, que deve conter informações pertinentes como os nomes dos locais relevantes para as instruções de navegação como início e destino da rota (FIGURA 24).

FIGURA 24 - (A) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ROTA, COM RÓTULO DE INÍCIO E DESTINO
(B) AUSÊNCIA DE ROTA E RÓTULOS



FONTE: O autor (2021).

2.5.1 Descrição da Rota

A representação da navegação é uma informação importante pois mostra os caminhos navegáveis no mapa *indoor*, permitindo que as pessoas saibam qual o melhor caminho ao planejar a rota (JEAMWATTHANACHAI et al., 2016). Além da representação da rota, é possível apresentar a sua descrição contendo direções, orientações e elementos do ambiente, para auxiliar a navegação. Empregar instruções de orientação tem o potencial de diminuir a dependência do usuário em relação ao sistema de navegação e auxiliam na tomada de decisões espaciais sem suporte em ambientes complexos, porém as instruções de orientação se adaptam melhor à maneira como as pessoas se comunicam ao especificar um ambiente e as instruções são mais significativas quando eles estão embutidos no contexto ambiental (KRUKAR; ANACTA; SCHWERING, 2020).

Puikkonen et al. (2009) sugerem o uso de informações relativas em instruções textuais em mapas. Por exemplo, informações relativas e absolutas podem descrever as relações verticais: "siga a grande escadaria do 1º andar para o 3º andar". Neste exemplo, "você está no 1º andar, vá para o 3º andar" são duas instruções absolutas, uma instrução relativa seria dizer "vá do 1º andar para o 3º andar" pois ela representa implicitamente a instrução para o usuário mover-se dois

andares acima. Essa codificação textual de informações verticais parece compensar a representação limitada de estruturas verticais nos mapas 2D (LORENZ et al, 2013b). A adequação da descrição da rota influencia fortemente a utilidade da aplicação e o conforto da sua utilização. Tal descrição deve ser semelhante à descrição que é dada por uma pessoa ao ser questionada sobre uma rota. Quando se trata de navegação *indoor*, uma descrição geral da rota baseada nos pontos de referência contendo informação sobre os andares (Quadro 1) é muito útil e às vezes suficiente para chegar ao destino (GOTLIB; MARCIANIK, 2012). O principal problema quando não há informação posicional é a atualização da descrição da rota, portanto ela deve ser apresentada de forma integral ou de forma fragmentada e sua atualização para o passo seguinte fica condicionada a interação do usuário com o sistema. Sendo assim, essa etapa deve ser planejada de forma cuidadosa, para que a descrição construída ajude a limitar a necessidade de interagir continuamente com os comandos de navegação, o que pode ser difícil em condições da vida real devido ao nível de complexidade da rota e da alta liberdade nos movimentos dos usuários, precisão de posicionamento relativamente baixo e alto nível de ruído ambiente. As diretrizes de navegação devem referir-se à característica, pontos fáceis de identificar como lugares bem conhecidos e equipamento de construção, elevadores, escadas, números de portas, entre outros (GOTLIB; MARCIANIK, 2012). A adição de informações relacionadas aos MR deve permitir aos sistemas obter a capacidade de compreender e reproduzir expressões espaciais geradas por seres humanos (RICHTER; WINTER, 2014).

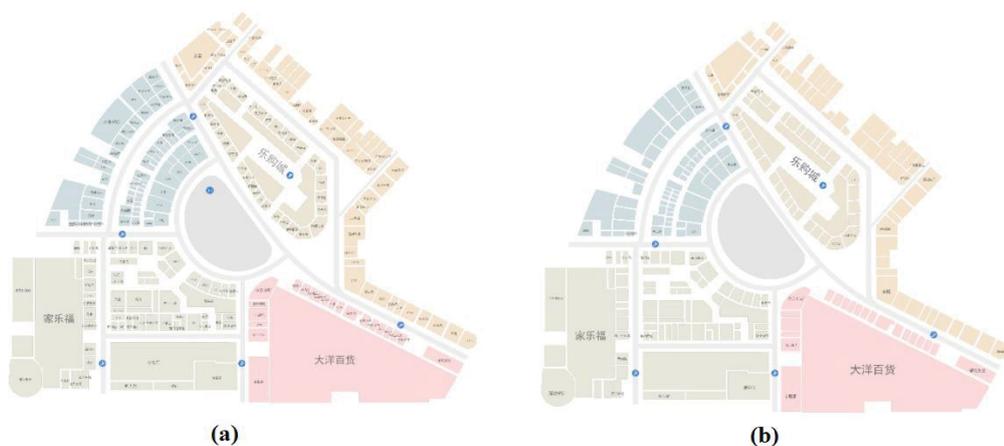
QUADRO 1 – EXEMPLO DE DESCRIÇÃO DE ROTA

Diretrizes	Comentários
Você está no nível '-2' do subterrâneo área de estacionamento, seu destino está no nível 3	A descrição geral de uma rota fornecida antes a navegação é iniciada
Prossiga para a Saída A	Referência a um ponto facilmente identificado
Pegue o elevador para o 3º andar	Diretriz explícita
Siga a galeria em direção ao restaurante McDonald's	Um comando que evita referências ambíguas como, como 'à direita', 'à esquerda' após sair do elevador
Vire à esquerda atrás do restaurante McDonald's	Aqui, o termo 'esquerda' é explícito, devido ao conhecido direção do movimento do usuário
Chegou ao seu destino. O atendimento ao cliente da T-Mobile está à direita	A informação final

Fonte: (GOTLIB; MARCIANIK, 2012).

É preciso apresentar a rota dentro de um contexto, pois sem isso se torna difícil encontrar o caminho dentro de um edifício. Nos mapas de navegação para pedestres a densidade de informações pode ser consideravelmente maior do que em aplicações automobilísticas por exemplo, por causa de maior capacidade de percepção por parte dos usuários. Além disso, os pedestres querem ser informados não apenas sobre sua atual posição, mas também sobre seus arredores (LORENZ et al., 2013a). Entretanto, a pesquisa de (KEIL et al., 2020) indica que a atenção do usuário em relação às representações de pontos de referência, diminui gradualmente com o aumento da distância dos pontos em relação a rota. O usuário precisa de um certo nível mínimo de informações de contexto para relacionar o mapa com o ambiente real. Mas o excesso de informações pode atrapalhar a compreensão do usuário, portanto, os cartógrafos precisam saber quais elementos, informações de contexto são realmente necessários. Por exemplo, é inegável o benefício dos marcos como dicas de orientação, pois esses elementos contrastam com o ambiente e, portanto, são facilmente lembrados. Porém, é preciso uma atribuição sensata de marcos para que eles sejam benéficos (FIGURA 25), ou seja, marcos somente são considerados úteis se a sua conexão com a rota for óbvia (LORENZ et al., 2013b). Uma opção para reduzir a quantidade de informações presentes no mapa é empregar diferentes apresentações do ambiente de acordo com a escala (FIGURA 26), que a multi-escalabilidade de uma apresentação cartográfica impacta diretamente na usabilidade de um aplicativo de navegação (GOTLIB, 2019).

FIGURA 25 - RÓTULOS DE AMBIENTES (A) TODOS OS AMBIENTES (B) APENAS OS MARCOS



FONTE: FANG et al. (2020).

FIGURA 26 – MULTIESCALABILIDADE DA REPRESENTAÇÃO.



Fonte: GOTLIB (2019).

Russo (2012) apresenta um resumo baseado na pesquisa de Klippel et al. (2009), com os elementos que tornam as direções de rota cognitivamente ergonômicas

- a) São qualitativos, não quantitativos,
- b) permitem diferentes níveis de granularidade e organizar hierarquias de conhecimento espacial hierarquicamente,
- c) refletem conceitualizações cognitivas de direções em pontos de decisão,
- d) agrupam os elementos de direção da rota em unidades maiores para reduzir a carga cognitiva,
- e) usam pontos de referência para: - desambiguar situações espaciais, - ações de viragem de âncora, - e para confirmar que as ações corretas foram tomadas,
- f) apresentam informações em sistemas de comunicação multimodal permitindo uma interação de linguagem e gráficos, mas respeitando subjacente estrutura,
- g) permitem uma adaptação à familiaridade dos usuários com um ambiente, como bem como estilos pessoais e diferentes linguagens.

Portanto, um modelo de dados de navegação para pedestres abrangente também deve apoiar a geração de instruções de rota, que são fundamentais para a orientação de pedestres. Por exemplo, ao integrar informações de orientação baseadas em pontos de referência, bem como distâncias e direções.

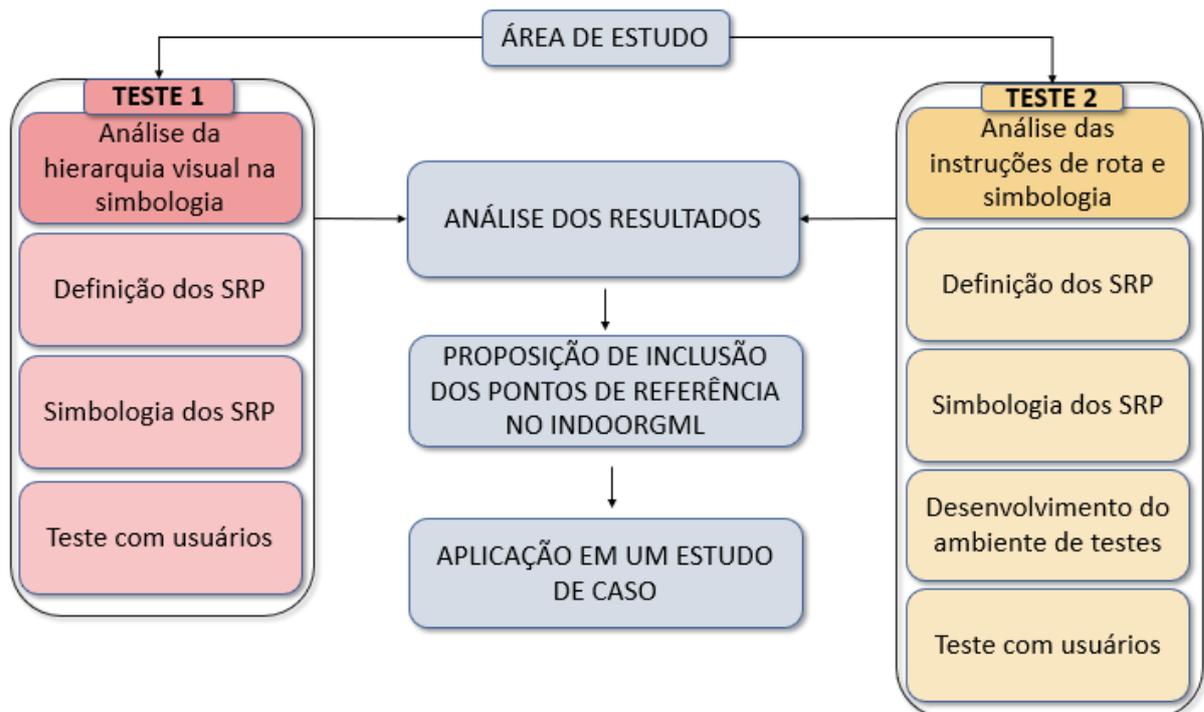
Um modelo de dados de navegação de pedestres abrangente precisa apoiar a modelagem de componentes visuais, semânticos e estruturais da saliência do marco. A teoria da descoberta de caminhos contribuída por Klippel et al. (2005) enfatiza a integração de marcos nos aspectos cognitivos do conhecimento da rota. Esta teoria requer uma conceitualização de ações de descoberta de caminhos (SESTER; ELIAS, 2007) relacionadas a marcos para suportes de navegação centrados no usuário. Portanto, o modelo de dados de navegação de pedestres deve conhecer a modelagem da saliência do marco e ações de descoberta de caminhos para fornecer serviços de navegação (FANG et al., 2012).

Com isso conclui-se a revisão de literatura, na revisão alguns modelos foram abordados e como apresentado eles não atendem totalmente as necessidades e funcionalidades de um sistema de navegação, além disso eles não são desenvolvidos baseados nas preferências do usuário. Sendo assim, baseado na ideia de integração entre diferentes modelos, essa pesquisa propõe que o indoorGML seja complementado com uma extensão que englobe o conceito de pontos de referência *indoor*, pois esses elementos atuam como suporte à navegação e orientação. Os pontos de referência, sejam eles MR ou POI, apresentam grande potencial, principalmente em sistemas de navegação que dentre seus recursos não possuem a informação posicional. A ausência de informação posicional dificulta a navegação do usuário, pois o usuário só possui o mapa como auxílio, por isso uma representação adequada desses elementos é tão importante. Além disso, o emprego de pontos de referência pode auxiliar não só na compreensão da rota como ser empregado na descrição da rota, facilitando a relação do usuário entre o ambiente real e o que ele vê no sistema de navegação.

3 METODOLOGIA

Nesta pesquisa propõe-se o enriquecimento semântico do padrão IndoorGML, por meio da inclusão do conceito de pontos de referência do espaço *indoor*, para trazer auxílio à orientação e à navegação *indoor*. Portanto, a pesquisa parte da hipótese de que os pontos de referência do ambiente *indoor* possuem papel fundamental na orientação e navegação dos usuários de um ambiente indoor seja como elemento componente das instruções de rota ou parte da representação do ambiente. Como visto na seção 2.1.4 da revisão, o padrão IndoorGML apresenta conceitos relacionados à descrição de espaços interiores e com o fornecimento de recursos de codificação para informações espaciais internas, entretanto não aborda o conceito de pontos de referência *indoor* que auxiliam na navegação interna. Sendo assim, os pontos de referência por terem tal importância devem fazer parte do modelo IndoorGML. Para tal, FIGURA 27 apresentam-se as etapas da pesquisa.

FIGURA 27 - FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DA PESQUISA



FONTE: O autor (2021).

Sendo assim, para atingir os objetivos da pesquisa e compreender como os pontos de referência auxiliam os usuários, a metodologia foi dividida em dois testes, sendo o primeiro envolvendo a representação dos pontos de referência através de símbolos pictóricos e os demais elementos sendo representados por símbolos geométricos. Este teste foi realizado online, com 30 participantes que não possuíam conhecimento prévio da área de estudo, os dados obtidos no resultado do teste foram agrupados e uma análise quantitativa e descritiva foi apresentada. Segundo Nielsen (1993) a realização de testes com cinco participantes seria suficiente para a obtenção de resultados significativos. As análises foram realizadas de forma a extrair os pontos de referência espacial que foram utilizados pelos participantes e qual a frequência dos relatos, possibilitando avaliar como a representação desses elementos podem ser evidenciados através de uma simbologia combinada e quando apresentados dessa forma quais são os elementos que se destacam.

O segundo teste consistiu em quatro cenários diferentes com distintos tipos de descrição de rota. O experimento foi realizado online, por 40 participantes, sendo 10 para cada cenário. No ambiente de testes os usuários traçaram duas rotas e responderam a dois questionários referente a suas experiências e percepções da tarefa realizada. Foram avaliados os seguintes critérios: se o participante concluiu a tarefa e se a executou corretamente, o tempo empregado e quais pontos de referência foram os mais notados e citados. Os resultados foram agrupados e uma análise quantitativa e descritiva foi apresentada para avaliar se as descrições de rotas propostas são eficazes.

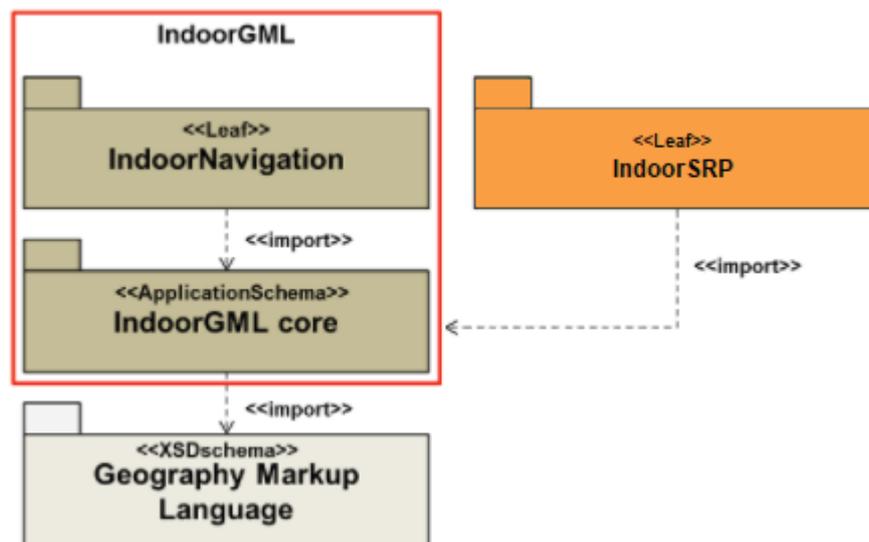
Portanto os testes visam a coleta de informações a respeito de como os pontos de referência são percebidos e utilizados no ambiente foram obtidas através de testes realizados com usuários em um ambiente de uso educacional. As análises das informações coletadas nos testes fornecem parâmetros para determinação de como os MR e POI podem ser agregados ao IndoorGML.

O conceito de SRP oferece suporte a várias aplicações e serviços *indoor*, como na evacuação em casos de emergência por exemplo. Além disso, os resultados encontrados nos testes anteriores apontam que os pontos de referência são fundamentais para auxiliar a navegação dos usuários por ambientes *indoor*. Devido a importância desses elementos e ausência deles no IndoorGML, propõe-se a inclusão de um módulo de extensão do IndoorGML, com o objetivo de inserir

informações a respeito dos pontos de referência, sejam eles Marcos de Referência ou Pontos de Interesse.

Visando a proposição de um modelo de extensão com a inclusão dos SRP no IndoorGML, algumas etapas se fizeram necessárias, como a definição dos elementos essenciais dos SRP, a definição das categorias de SRP no espaço *indoor* e o desenvolvimento de um módulo de extensão para integrar SRP com o modelo central do IndoorGML. O módulo proposto recebeu o nome de IndoorSRP (FIGURA 28). A partir dos resultados dos testes aplicados é realizada a proposição do modelo de extensão do IndoorGML, que consistiu na análise dos SRP que são importantes para o usuário quando se trata de um ambiente *indoor*. Além da criação das classes do modelo o XML de cada classe é apresentado e para testar a proposta um caso de uso é realizado.

FIGURA 28 - ESQUEMA DE EXTENSÃO INDOORGML



FONTE: Adaptado de OGC (2018).

3.1 ÁREA DE ESTUDO

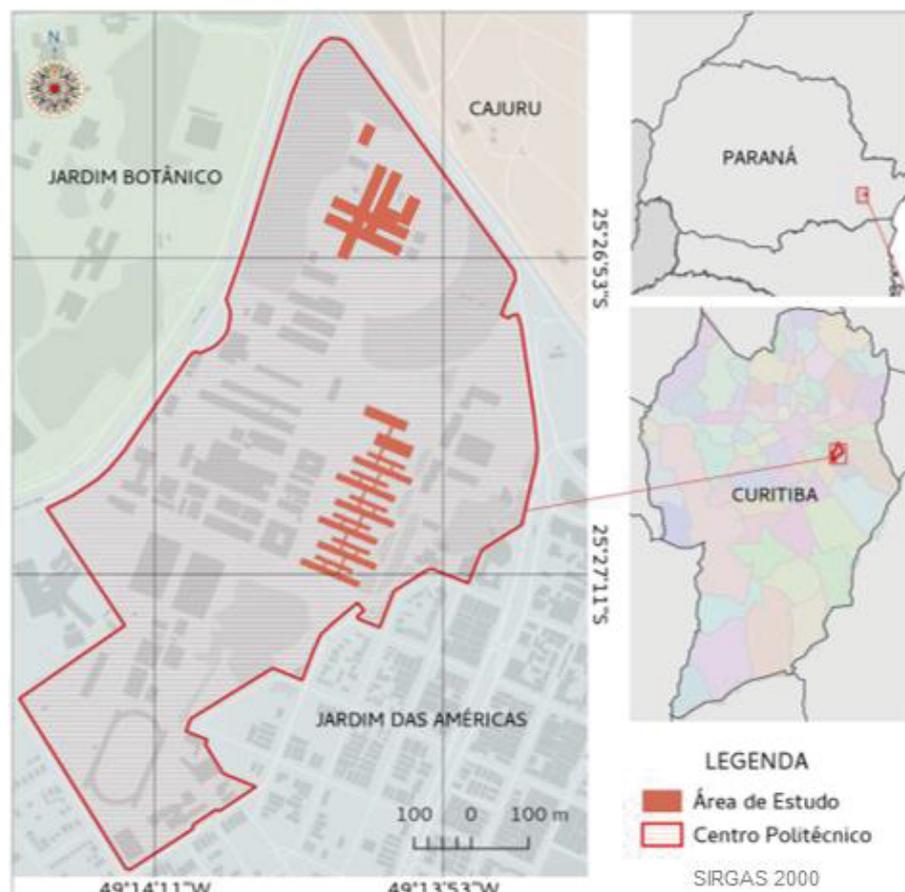
A área de estudo, apresentada na (FIGURA 29) está localizada no Centro Politécnico, que pertence ao Campus III da Universidade Federal do Paraná, situado no bairro Jardim das Américas, em Curitiba.

Este ambiente foi definido como área de estudo, devido à proximidade e facilidade de acesso, intensa circulação de alunos e visitantes diariamente. Os prédios também possuem uma variedade de ambientes que podem ser analisados

como pontos de referência como: salas de aula e de estudos, laboratórios didáticos, áreas de convívio comum, estabelecimentos comerciais, secretarias, auditórios, depósitos de limpeza e banheiros. Outros fatores que influenciaram a escolha por esta área estão relacionados com a dificuldade de orientação do usuário no seu interior, essa dificuldade pode ser ocasionada pela complexidade do ambiente, pois as divisões estruturais dos blocos são semelhantes, o que gera confusão, além da presença de diversos andares (pisos) que pode causar desorientação, assim como a falta de sinalização ou sinalização desatualizada que pode ocasionar erros.

Além disso, a área foi selecionada por fazer parte do UFPR CampusMap (UCM), o projeto tem como objetivo mapear os campi da Universidade Federal do Paraná e prover uma base de dados atualizada dos ambientes *indoor* e *outdoor* dos espaços. Dentre as funcionalidades do UCM está a busca e definição de rotas entre pontos de interesse, pelo usuário.

FIGURA 29 - ÁREA DE ESTUDO



FONTE: Adaptado de DELAZARI et al. (2019)

3.2 MATERIAIS

- a) Notebook ASUS Intel(R) Core (TM) i5-8250U
- b) MS Office 2010
- c) Software QGIS 3.14 (www.qgis.org)
- d) Software Inkscape 0.92 (www.inkscape.org)
- e) Software Node.js 14
- f) Software Sublime Text
- g) Google Formulário
- h) Servidor do Laboratório de Cartografia
- i) Dados da área de estudo
- j) Servidor do Laboratório de Cartografia
- k) Dados da área de estudo
- l) Framework Express 4
- m) Openlayers 6
- n) Visual Code 1.58
- o) StarUML 3.1.0

Para a realização desta pesquisa foram utilizados: um Notebook ASUS de uso pessoal e pacote MS Office 2010 nas etapas de organização, estudo e análises dos dados coletados. Todos os softwares utilizados são livres, o QGIS foi utilizado para gerar os mapas, o Inkscape para edição e padronização da simbologia, o Node.js permite a execução de códigos Java Script fora de um navegador web, o Sublime Text e Visual Code foram empregados na edição do código fonte do sistemas de testes. Framework Express 4 para a elaboração dos serviços web; Openlayers 6 para a exibição dos mapas e para implementar as interações para o desenho de rota. O servidor utilizado para a disponibilização do sistema de testes pertence ao laboratório de Cartografia do Programa de Pós-graduação em Ciências Geodésicas (PPGCG) da UFPR. O StarUML foi utilizado na confecção do diagrama UML.

3.3 TESTES

Dois testes foram aplicados nesta pesquisa e a metodologia de cada um será descrita de forma separada para facilitar a compreensão. O primeiro teste referente a análise da hierarquia visual na simbologia tem como objetivo avaliar se a representação dos pontos de referência espacial, quando realizada de forma diferenciada dos demais elementos, pode facilitar a compreensão do usuário e facilitar a relação entre mapa e ambiente real, conseqüentemente facilitando a tarefa de navegação e orientação. No caso, os pontos de referência são representados por símbolos pictóricos e os demais elementos por símbolos geométricos.

O segundo teste referente a análise das instruções de rota e simbologia, usa os resultados do primeiro para estabelecer uma simbologia apropriada aos pontos de referência e através de quatro distintos cenários com usuários avalia como os usuários interagem com os pontos de referência, ao combinar a representação com descrições de rota.

3.4 ANÁLISE DA HIERARQUIA VISUAL NA SIMBOLOGIA

3.4.1 Definição dos Pontos de Referência Espacial (SRP)

Antunes e Delazari (2019) identificaram que a área de estudo possui 17 diferentes tipos de feições, como salas de aula, laboratórios, secretarias, entre outros (QUADRO 2). No estudo de Antunes e Delazari (2019), constatou-se que elementos como banheiros, escadas, elevadores, biblioteca e comércio são considerados como pontos de referência.

As feições presentes na área de estudo foram classificadas de acordo com a semelhança de seus significados. Portanto, oito classes foram criadas, sendo elas: ambiente de ensino, uso administrativo, comércio, banheiro, sala de docentes, uso comum, passagem de nível e outros. Levando em conta que dentro de uma mesma classe nenhum elemento deve possuir maior representatividade do que os demais elementos, a biblioteca, apesar de se enquadrar como um ambiente de ensino, foi definida como uma classe exclusiva, chamada de uso comum. As classes são descritas abaixo:

QUADRO 2 - CLASSIFICAÇÃO DAS FEIÇÕES DA ÁREA DE ESTUDO

Tipo	Classe	Feição	Descrição
Ambientes	Ambiente de ensino	Auditório, Sala de aula, Sala de estudos, Laboratório, Museu, Diretório Acadêmico.	Locais onde são ministradas aulas e palestras, onde se possa estudar e que permitam o desenvolvimento da capacidade do aluno, através das trocas de experiências.
	Uso administrativo	Secretaria, Coordenação	Ambientes que possam fornecer suporte ou auxílio aos alunos através de ferramentas administrativas.
	Salas Docentes	Gabinete de professores	Composto pelas salas de professores.
	Outros	Sem informação, saídas	Ambientes que não se enquadram nas demais categorias, como saídas.
Pontos de Referência	Comércio	Cantina, Papelaria, Restaurante.	Locais que estejam relacionados com a comercialização de produtos.
	Banheiro	Banheiro (Masculino/ Feminino/Misto)	Todas as instalações sanitárias.
	Passagens de nível	Elevador, Escada	Elementos que possibilitam a troca de andar.
	Uso comum	Biblioteca	Área de uso comum aos estudantes

FONTE: O autor (2021).

3.4.2 Representação de Pontos de Referência Espacial

Para que a avaliação do mapa seja realizada de forma correta é preciso acompanhar as necessidades de públicos específicos ao transmitir informações. Portanto, para atingir determinada finalidade é fundamental a formulação de uma linguagem cartográfica adequada, empregando corretamente características como brilho, tamanho, matiz, orientação, contraste e frequência espacial (ŻYSZKOWSKA, 2016)

Deste modo, dependendo de como as variáveis visuais são combinadas, é possível atrair a atenção seletiva de um usuário, estimulando a seleção de recursos ou objetos, além de sua gravação na memória de curto prazo. Para criar níveis visuais pode-se empregar variáveis como posição, matiz, saturação e valor, para tornar os objetos visualmente proeminentes (SCHMIDT; DELAZARI, 2013).

O sistema visual-cognitivo do ser humano é empregado para realizar a leitura do mapa, no qual a parte visual é responsável pela recepção da informação, através da discriminação e detecção da simbologia. A parte cognitiva é responsável por processar, decodificar e armazenar a informação (SANTIL, 2008). Assim, a percepção do mapa depende do processo de percepção visual e de outros fatores, incluindo a natureza, a escala e o conteúdo do mapa, o grau de complexidade e conformidade da linguagem do mapa com os princípios cartográficos (ŻYSZKOWSKA, 2017; ŻYSZKOWSKA, 2016).

Visando avaliar a simbologia dos ambientes *indoor*, gerou-se uma representação esquemática com diferentes níveis visuais para simbolizar os pontos de referência, de modo diferenciado dos demais elementos do mapa. Para tal, foram utilizados símbolos pictóricos e geométricos. Com isso, espera-se obter informações para projetar representações cartográficas eficientes aos propósitos de orientação e navegação em ambientes *indoor*.

Os mapas esquemáticos são projetados para transmitir apenas as informações mais pertinentes do ambiente, essa abstração da realidade tem como objetivo facilitar a interpretação da representação do ambiente, concentrando apenas nos aspectos relevantes de determinadas informações e abstraindo outros elementos (AVELAR, 2002). Por isso, esse tipo de representação foi escolhido para ser empregado nesse teste. Os mapas foram gerados por um processo chamado de

esquemática, que consiste em uma simplificação, no qual detalhes irrelevantes são eliminados e detalhes importantes são enfatizados.

Neste teste as informações do mapa foram representadas por dois tipos de símbolos:

Símbolos pictóricos: foram desenvolvidos em preto e se referem aos pontos de referência do ambiente. Todos possuem peso óptico similar e com símbolos fáceis de associar ao elemento representado, pois Andrade e Sluter (2012) relatam que a compreensão do mapa é afetada pelas relações semânticas contidas nos símbolos. Além disso, o peso óptico, equilíbrio, organização visual e o contorno afetam a força do contraste do símbolo.

Símbolos geométricos: foram representados com a mesma forma geométrica circular, porém com diferente matiz e mesmo brilho, para que não haja níveis visuais entre eles.

A simbologia pontual pictórica e geométrica empregada nesta pesquisa foi fundamentada no trabalho de Sarot e Delazari (2020) que desenvolveu símbolos pontuais voltados para ambiente *indoor* baseados na Normatização de Simbologia Gráfica desenvolvida pela Organização Internacional de Normalização (ISO) e no Manual de Simbologia Turística. Além disso, Sarot e Delazari (2020) realizaram testes para analisar a percepção dos usuários em relação à associação de cores empregadas na simbologia com determinados ambientes *indoor*, por exemplo, os usuários associaram a matiz azul com banheiro, amarelo com ensino. Os resultados obtidos são apresentados na FIGURA 30.

FIGURA 30 - CORES E ASSOCIAÇÕES COM O AMBIENTE INDOOR

	ENSINO		USO COMERCIAL		USO ADMINISTRATIVO
	SALA DE PROFESSORES/GABINETES		ÁREAS DE USO COMUM		SEM INFORMAÇÃO
	BANHEIRO				

FONTE: Adaptado de Sarot e Delazari (2020)

Os símbolos originais criados por Sarot e Delazari (2020) e adaptados para esta pesquisa são apresentados na FIGURA 31. Como é possível ver, os símbolos de banheiros foram simplificados e a informação textual foi removida, para evitar que

com as variações da escala o texto ficasse ilegível. Símbolos de biblioteca, escada, elevador e papelaria foram alterados para que tivessem o mesmo peso óptico.

Os símbolos foram alterados visando uma melhor organização visual, em termos de facilidade de compreensão e interpretação, com o intuito de melhorar a pregnância da forma do mesmo. A pregnância da forma se refere à lei básica da percepção visual da Gestalt, portanto, a simplicidade da forma, a clareza, a unidade visual e o equilíbrio são elementos fundamentais para que um objeto possua alta pregnância da forma (GRANHA, 2001). A clareza é definida por manifestações visuais que são organizadas, unificadas e possuem equilíbrio, facilitando a leitura e a rápida compreensão do objeto. A unificação visual se refere ao equilíbrio adequado da representação através de um único elemento, como o símbolo da biblioteca que é representado por um livro, ou através de um conjunto de elementos que se percebe visualmente, como o símbolo da papelaria que agrupa uma cola e uma tesoura (GOMES FILHO, 2009).

Inicialmente todos os símbolos pictóricos eram pretos e na versão adaptada passaram a ser representados com diferentes cores. As cores empregadas nos símbolos pictóricos e geométricos são as mesmas determinadas por Sarot e Delazari (2020) porém as cores empregadas nos símbolos geométricos sofreram alteração em relação a saturação visando dar menos destaque a esses elementos. O emprego de contrastes de cores pode ser útil na criação de uma hierarquia visual em mapas, e conforme Dent (1993) é o elemento mais importante no projeto de um mapa temático, pois pode conduzir à clareza, à legibilidade e à formação de figura-fundo. A diferenciação gráfica pode ser obtida através do contraste de matiz, contraste de saturação, contraste de cores complementares e através do contraste de cores quentes e frias (DENT, 1993).

GURA 31 - SÍMBOLOS PONTUAIS PICTÓRICOS E GEOMÉTRICOS

ORIGINAL	 BANHEIRO MASCULINO	 BANHEIRO FEMININO	 BANHEIRO MISTO	 CANTINA
	 BIBLIOTECA	 ESCADA	 ELEVADOR	 PAPELARIA
	 SALAS DOCENTES	 OUTROS	 AMBIENTE DE ENSINO	 USO ADMINISTRATIVO
ADAPTADO	 BANHEIRO MASCULINO	 BANHEIRO FEMININO	 BANHEIRO MISTO	 CANTINA
	 BIBLIOTECA	 ESCADA	 ELEVADOR	 PAPELARIA
	 SALAS DOCENTES	 OUTROS	 AMBIENTE DE ENSINO	 USO ADMINISTRATIVO

FONTE: Adaptado de Sarot e Delazari (2020)

Os símbolos pontuais pictóricos foram utilizados para ilustrar os pontos de referência, pois de acordo com Fiori (2005), essas representações apresentam como vantagem a possibilidade de gerar uma imagem mais próxima da realidade, proporcionando ao usuário um entendimento mais rápido e agradável da informação. Porém, isso só ocorre se houver uma relação semântica entre o símbolo com seu objeto referente, pois caso não haja a comunicação torna-se inválida ou equivocada. As cores foram utilizadas nestes símbolos de forma que elementos da mesma classe possuíssem a mesma cor, com o objetivo de facilitar a identificação de elementos semelhantes, por exemplo, banheiro feminino e masculino são representados em azul. As demais classes foram representadas por símbolos geométricos circulares, sem semelhança com o fenômeno representado e com um alto grau de abstração. Isso faz com que o usuário tenha que recorrer à legenda para decodificar a informação representada (FIORI, 2005)

De acordo com Forrest (1998), os símbolos pontuais que possuem moldura são localizados de forma mais rápida. Por isso, os símbolos desenvolvidos possuem molduras circulares na cor cinza, com fundo branco, pois de acordo com Fiori (2005) isso destaca os símbolos em relação ao fundo do mapa, tornando-os visualmente mais claros.

3.4.3 Testes com Usuários

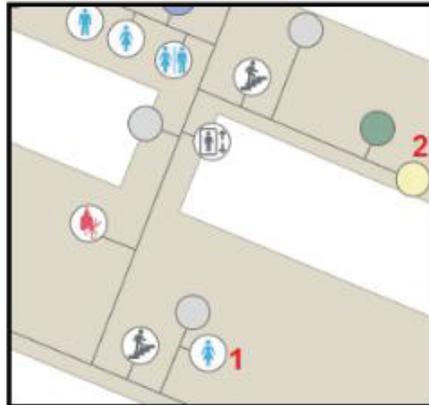
Um questionário online composto por três seções foi desenvolvido e aplicado a 30 participantes. A primeira seção é composta pelo termo de compromisso, no qual foram apresentadas todas as garantias e condições dadas ao participante na execução do teste. A segunda seção está relacionada com a caracterização do usuário e se o participante possui o hábito de utilizar mapas no seu cotidiano, pois a não utilização de mapas com regularidade pode implicar em dificuldades de abstração e conseqüentemente maior dificuldade de compreensão do mapa (Sarot; Delazari, 2018). Também foi questionado se os participantes conhecem a área de estudo, pois conhecer o ambiente poderia influenciar as respostas do participante. A terceira e última seção consistiu nas tarefas e ao final desta seção um campo de resposta aberta foi incluído para os participantes deixarem suas considerações, caso assim o desejassem. Os mapas empregados nesta pesquisa foram produzidos para serem vistos em ambiente digital e disponibilizados online juntamente com o questionário, os participantes poderiam responder o questionário em dispositivo desktop ou mobile, visando facilitar a visualização dos mapas disponibilizados poderiam ser ampliados.

3.4.4 Tarefas

Foram realizadas três tarefas, sendo as duas primeiras envolvendo a detecção de símbolos diretamente do mapa, que foi disponibilizado online com tamanho 15x18cm. A última tarefa envolvia a memória de curto prazo, que foi realizada sem o auxílio do mapa.

A tarefa 1 consistiu em olhar o mapa, sem limitação de tempo, e indicar quais os dois símbolos que mais chamavam atenção do usuário. A tarefa 2 consistia em descrever um trajeto entre dois pontos pré-estabelecidos, como se estivesse explicando para alguém que não conhece o ambiente. Utilizando a FIGURA 32, para ir do ponto 1 ao 2, uma possível descrição seria: "Saindo do banheiro feminino (1), você deve virar à esquerda, e em seguida a direita. Depois da escada vire à direita novamente, siga reto e depois do elevador vire à direita. Após passar uma sala de uso administrativo, no final do corredor você encontrará o ambiente de ensino (2)"

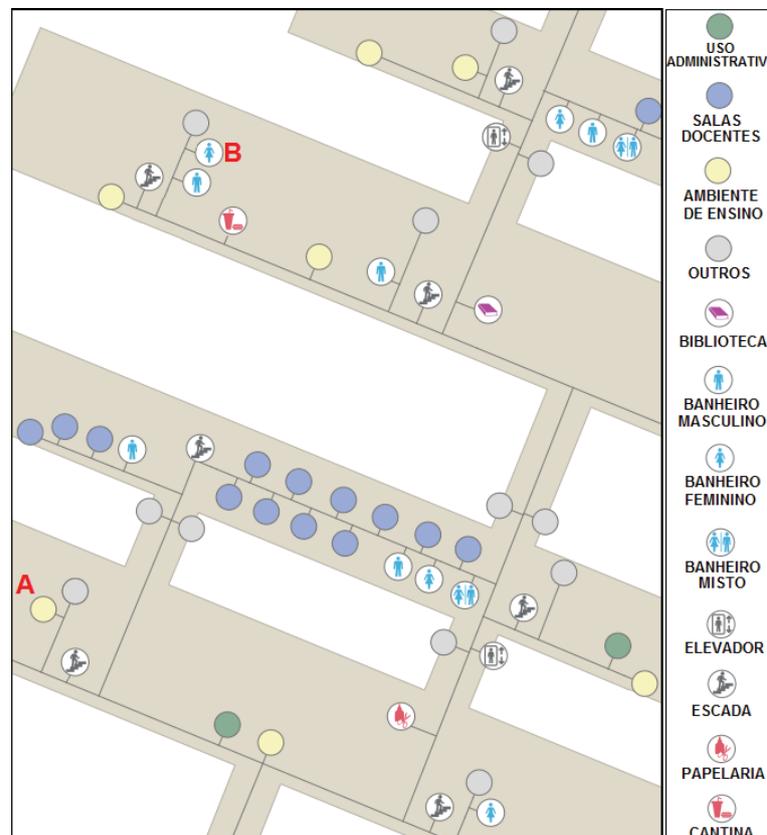
FIGURA 32 - EXEMPLO DA TAREFA DE DESCRIÇÃO DO TRAJETO



FONTE: O autor (2021).

A tarefa 3 consistiu em descrever todos os símbolos que o participante se recordava, e esta tarefa foi executada sem o uso do mapa. O mapa empregado nas tarefas 1 e 2, é apresentado na FIGURA 33.

FIGURA 33 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA INDOOR UTILIZADA NOS TESTES 1 E 2



FONTE: O autor (2021).

Portanto, as respostas dos usuários foram obtidas de diferentes formas: na tarefa 1 através de uma pergunta direta; na tarefa 2 os elementos que se destacam são obtidos indiretamente através dos elementos citados no trajeto e na tarefa 3 através da descrição baseada na memória dos participantes. Apesar das tarefas serem elaboradas de formas diferentes, todas possuem o mesmo objetivo: fornecer informações para compreender quais elementos realmente se destacam e como se dá a percepção do usuário.

A percepção visual envolve processos neurossensoriais, envolvendo o olho e a memória de curto prazo. Como tal, eles operam independentemente da consciência do espectador e influenciam significativamente as informações recebidas pelo usuário do mapa (ŻYSZKOWSKA, 2016)

3.5 ANÁLISE DAS INSTRUÇÕES DE ROTA E SIMBOLOGIA

O segundo teste também foi aplicado online e teve como objetivo analisar se os pontos de referência ao serem empregados em descrições de rota e na simbologia do mapa, ajudam os usuários a navegar e se orientar. Para isso, quatro cenários foram desenvolvidos utilizando formatos de instrução diferentes. O teste contou com tarefas práticas e a aplicação de questionários.

3.5.1 Definição dos Pontos de Referência Espacial

Os pontos de referência espacial utilizados nesta parte da pesquisa, ou seja, no teste referente a análise das instruções de rota e simbologia, são provenientes dos resultados obtidos na pesquisa de Sarot (2020) que utilizou o mesmo ambiente para analisar e definir quais elementos são considerados pontos de referência dentro de um ambiente de uso educacional. Além disso, ainda baseado na pesquisa de Sarot (2020), nesse teste uma nova classificação dos elementos é realizada e agora os elementos são divididos em dois grupos, os MR e os POI, que foram representados de forma diferenciada. Portanto, os elementos empregados como POI foram: Banheiro, Elevador, Equipamento de incêndio (extintor, hidrante, mangueira), Escada e Porta de entrada/saída do edifício. Os MR: Biblioteca, Cantina, Papelaria e Passarela. No QUADRO 3, é possível ver as diferenças de tipos de pontos de

referência ao se trabalhar com elementos distintos dentro de um ambiente educacional.

QUADRO 3 – POI E MR

Elementos	Uso educacional (universidade)
Banheiro	POI
Biblioteca	MR
Cantina	MR
Corredor suspenso	MR
Elevador	POI
Equipamento de incêndio	POI
Escada	POI
Papelaria	MR
Porta de entrada/saída do edifício	POI

Fonte: SAROT (2020)

3.5.2 Representação dos Pontos de Referência Espacial

Visando compreender a percepção do usuário de forma diferenciada da aplicada no teste anterior que empregou mapas esquemáticos, neste teste a representação do ambiente *indoor* foi realizada empregando a representação planta baixa, que consiste na simplificação da planta arquitetônica do local e somente os limites de cada ambiente são representados. A simbologia empregada (FIGURA 34), assim como a utilizada no teste referente a análise da hierarquia visual na simbologia, é baseada nos resultados obtidos em Sarot e Delazari (2020). O mapa foi rotacionado para que os ambientes ficassem alinhados com a tela, visando facilitar a navegação. De acordo com Campos e Campos-Juanatey (2017) mapas desalinhados são mais difíceis de serem interpretados, levam mais tempo para serem entendidos, aumentando a possibilidade de erros.

FIGURA 34 - REPRESENTAÇÃO PLANTA BAIXA



FONTE: O autor (2021).

Foram empregados símbolos pictóricos (FIGURA 35) para representar os SRP. Com o objetivo de distinguir os tipos de elemento, foram empregados tamanhos diferentes, sendo que os POI possuem 4mm e os MR possuem 7mm. Os valores foram definidos de forma a tornar os símbolos distinguíveis e identificáveis na tela do celular. A escala de visualização do mapa era variável, conforme era alterada pela interação do participante o tamanho dos símbolos acompanhava a mudança. A variável visual tamanho é aplicada quando se deseja criar uma escala ordinal de importância para a feição representada, estabelecendo uma hierarquia visual entre os símbolos, resultando em ambiguidade de interpretação (ANDRADE, 2014). De acordo com Prado, Baranauskas e Medeiros (1999) a variável visual tamanho possui como propriedades perceptivas ser:

- Dissociativa: quando os dados representados não podem ser agrupados de acordo com outras categorias, independentemente das variações provocadas por esta variável;
- Seletiva: possibilita o isolamento de forma espontânea de todos os elementos pertencentes a uma mesma categoria, dentre todos os símbolos representados;
- Ordenada: uma variável é ordenada quando se percebe uma sequência natural nos dados apresentados.

• Quantitativa: uma variável é quantitativa quando é possível atribuir um valor ao elemento representado a partir da sua representação.

Portanto, no contexto desse teste as propriedades perceptivas relevantes são a propriedade de seletividade, que permite que os usuários dividam os ambientes em duas classes, POI e MR. E o fato de ser ordenada e quantitativa, ajudam a perceber quais elementos são os principais por serem maiores que os demais.

FIGURA 35 - SIMBOLOGIA PICTÓRICAS DOS SRP



FONTE: O autor (2021).

3.5.3 Ambiente de Testes

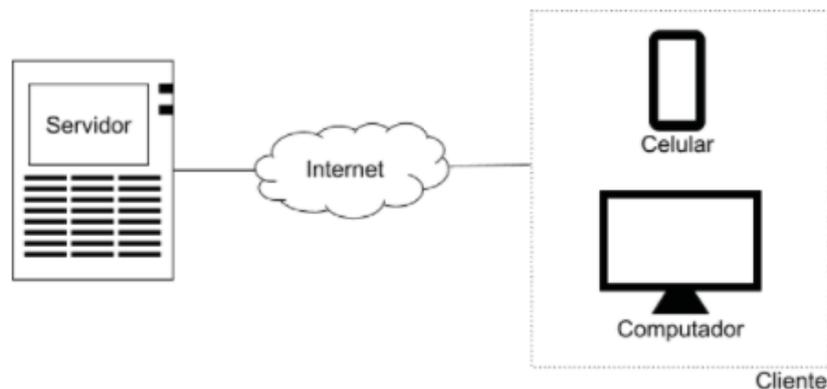
Devido a pandemia de COVID-19 testes presenciais ficaram inviabilizados e, portanto, precisaram ser adaptados. Assim, ao invés de um sistema de navegação ser desenvolvido e testado no ambiente *indoor* com o usuário navegando pelo ambiente, um sistema similar foi desenvolvido e todas as etapas do teste referente a análise de instruções de rota e simbologia foram realizadas online. Portanto, para a realização dos testes com os usuários, um ambiente de teste online e interativo foi idealizado pela autora desta pesquisa, desenvolvido em conjunto com o Engenheiro Cartógrafo e Agrimensor Pedro Farias. A seguir a arquitetura, o funcionamento e as funcionalidades do ambiente de teste são descritos.

Dentre as arquiteturas utilizadas para o desenvolvimento de sistemas, tipicamente para as aplicações web, existe uma que divide o sistema em camadas.

Cada uma dessas camadas pode possuir uma ou mais atribuições (OLUWATOSIN, 2014).

Uma arquitetura em particular é a do tipo cliente-servidor, composta por duas camadas: a do servidor (*back-end*), que responde todas as requisições e trata da manipulação dos dados; e a do cliente (*front-end*), que requisita dados e operações para o servidor e pode ser composta por celulares, computadores e outros dispositivos que se conectam via Internet (OLUWATOSIN, 2014). Essa arquitetura é representada pela FIGURA 36.

FIGURA 36 - ARQUITETURA DO SISTEMA



FONTE: O autor (2021).

O ambiente de teste foi desenvolvido utilizando tecnologias *web* com uma arquitetura composta por duas camadas (servidor - cliente). Ambas foram escritas com o uso da linguagem Java Script.

A FIGURA 37 contém o fluxo de processos realizados para se completar um teste no ambiente desenvolvido. Quando o usuário solicita acesso ao sistema (I) existem quatro opções de cenários possíveis que podem ser executados, na etapa (A) é definido automaticamente e de forma aleatória o tipo do cenário que será visualizado pelo usuário. Com isso, é mostrada a interface do ambiente para a realização do teste (B), que contém o mapa da área e a descrição da rota relativa ao cenário, o usuário deve seguir as instruções e traçar a rota no ambiente de teste. Na sequência é apresentado ao usuário o questionário referente ao teste realizado e suas percepções. Após a conclusão do teste, os dados do traçado e as respostas do questionário são armazenados (C), e o teste é finalizado (F).

FIGURA 37 - FLUXO DE ATIVIDADES DO SISTEMA



FONTE: O autor (2021).

Para o *back-end*, que compreende a parte do ambiente de testes que gerencia quais cenários serão executados e que também armazena os seus resultados, foi desenvolvida uma aplicação que implementa pontos de uma API REST (*Representational State Transfer*).

O primeiro ponto da API implementa a definição do teste que o usuário irá realizar (FIGURA 37, atividade A). Para isso, foi criado um arquivo que contém os testes e para cada acesso foi atribuído de maneira sequencial um teste.

O segundo ponto da API implementa a função de armazenamento dos testes. Para cada teste realizado, as informações foram armazenadas em arquivos de texto de acordo com o seu tipo. Foram armazenados os seguintes dados:

- Data e hora de início;
- Data e hora de finalização;
- Tempo de duração do teste;
- Geometria no formato WKT desenhada pelo usuário; e as
- Perguntas respondidas;

O ambiente de testes (FIGURA 38) foi desenvolvido para que sempre se apresente em tamanho similar a um dispositivo móvel para padronizar a experiência e levar em conta a interação do usuário e a representação em uma tela com tamanho reduzido. Portanto, o teste poderia ser realizado tanto em um dispositivo mobile quanto desktop.

A interface gráfica foi montada com o uso da linguagem HTML e de CSS. Essa interface é composta por um conjunto de páginas que contém os mapas e os questionários. Dentro do fluxo de atividades do sistema (FIGURA 37), essa é a atividade (B) de “Realizar teste”.

Os mapas foram elaborados com o uso do *software* QGIS e apresentados com o uso da biblioteca OpenLayers. Para isso, foi gerada uma renderização dos

mapas do projeto UFPR *Campus Map* com os dados do interior e do exterior das edificações. Essa renderização foi gerada no formato de imagem com o esquema de *tiles*.

O sistema de testes apresenta como funcionalidades e elementos:

Mapa: que apresenta as geometrias dos ambientes *indoor* e *outdoor* da área de estudo, além da simbologia que representa os SRP da área.

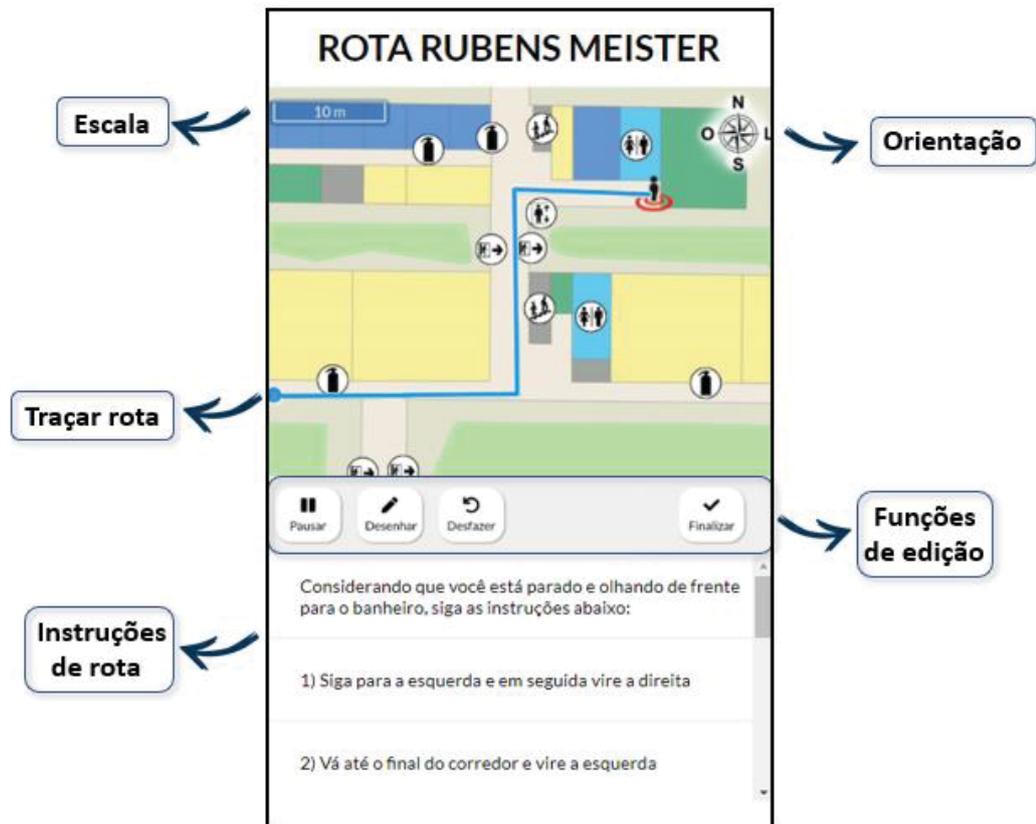
Escala: uma escala numérica e responsiva é apresentada no canto esquerdo superior, conforme o zoom de visualização do mapa muda os valores da escala também se alteram.

Rosa dos ventos: no canto superior direito é apresentado um rosa dos ventos contendo os pontos cardeais, para auxiliar na orientação, pois é possível rotacionar o mapa caso o usuário deseje.

Barra de funções edição: através dos elementos dessa barra o usuário consegue desenhar a rota sobre o mapa, seguindo as instruções dadas. Caso ele deseje parar o teste momentaneamente é possível pausá-lo e retornar de onde estava. Caso faça um traçado errado é possível apagar o trecho usando o botão desfazer. Ao concluir o traçado o usuário clica em finalizar.

Instruções de rota: as instruções de rota são apresentadas na parte inferior do ambiente de teste e conta com uma barra de rolagem, que permite ao usuário controlar qual instrução ele deseja ver.

FIGURA 38 – FUNCIONALIDADES DO AMBIENTE DE TESTES



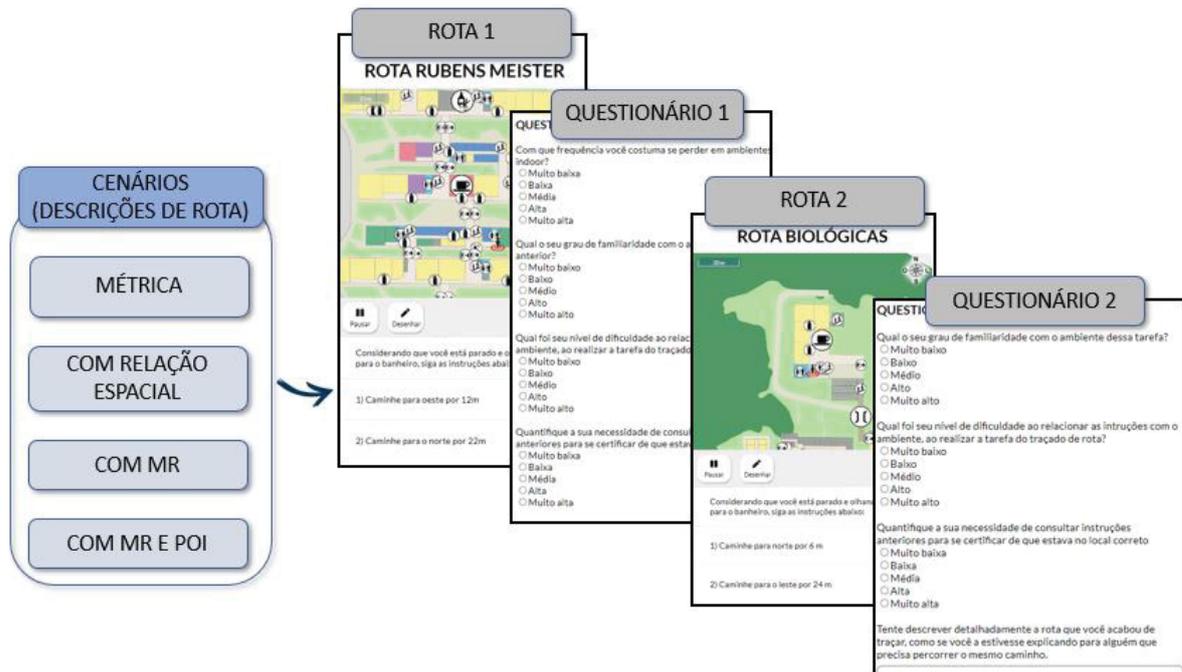
FONTE: O autor (2021).

O teste consistiu em acompanhar as instruções de rotas indicadas e no traçado da representação gráfica do percurso. Para não induzir o usuário apenas a indicação do ponto de partida foi informada e com o traçado da rota foi possível determinar se o usuário conseguiu se localizar, se orientar e navegar com as instruções fornecidas e chegar ao destino.

O teste foi dividido em quatro cenários, sendo que em cada um deles um formato de descrição de rota foi empregado, um cenário possui apenas informações métricas, outro possui relações espaciais, o terceiro contém marcos de referência em sua descrição e o último é o mais completo que possui marcos de referência e pontos de interesse. Além disso, cada cenário contém duas rotas a serem traçadas e dois questionários (FIGURA 39).

Informações foram coletadas a respeito do tempo de execução das tarefas, o traçado da rota desenhado pelo usuário, quais pontos de referência os usuários notaram ou utilizaram para descrever o trajeto e suas percepções e dificuldades em relação as instruções de rota.

FIGURA 39 - TESTE



FONTE: O autor (2021).

O ambiente de teste é composto por três seções, a primeira é composta pelo termo de compromisso, no qual foram apresentadas todas as garantias e condições dadas ao participante na execução do teste. A segunda seção contém as instruções do teste e um breve vídeo de demonstração das funcionalidades disponíveis e como a rota deveria ser traçada. A terceira seção consiste na realização do teste e no preenchimento do questionário

3.5.4 Tarefas

3.5.4.1 Rotas

Visando obter uma quantidade elevada de informações, mas sem aumentar a complexidade da rota, duas rotas (FIGURA 40) foram estabelecidas para esse teste, sendo:

Rota 1 – Rubens Meister

A rota 1 foi elaborada para o usuário navegar dentro do prédio Rubens Meister, por ser um dos maiores e mais complexos do campus devido sua arquitetura e quantidade de ambientes. Essa rota possui um trecho maior a ser

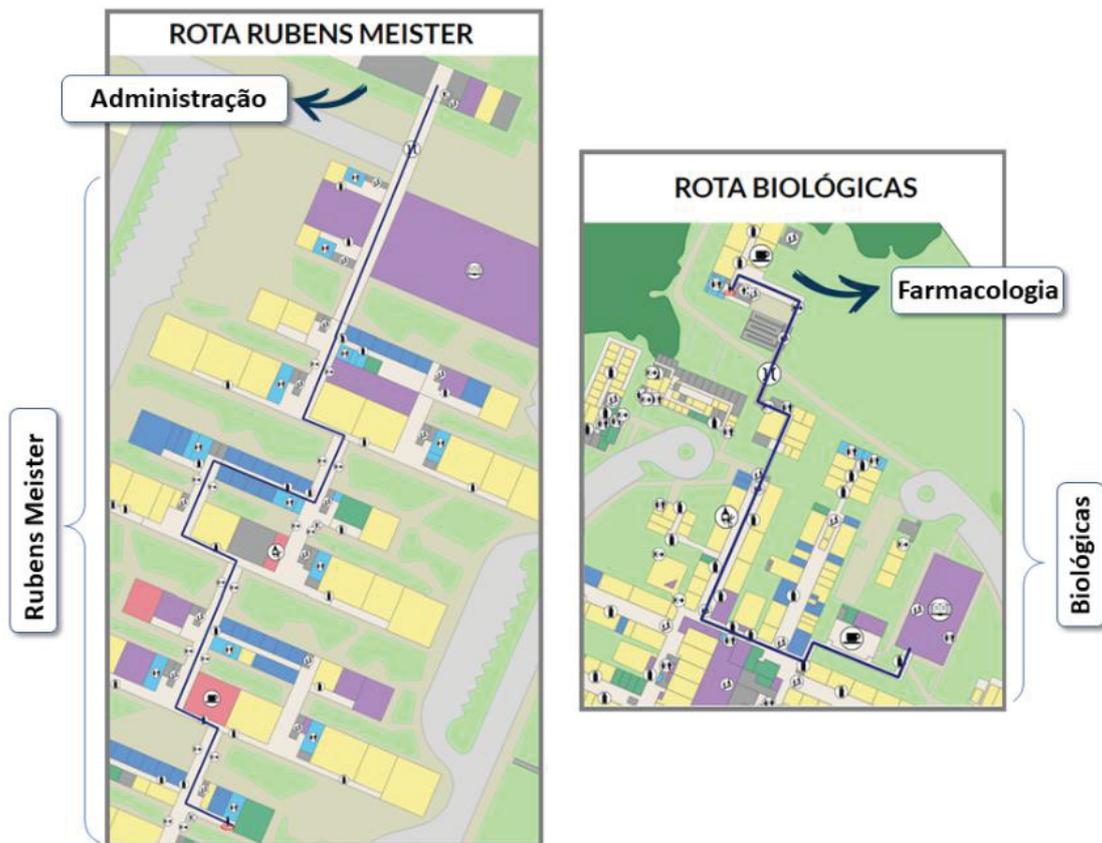
percorrido em relação a rota 2, e faz conexão entre dois prédios: Rubens Meister e o prédio da Administração. Durante o percurso estão presentes os elementos: banheiro, elevador, equipamento de incêndio, escada, saída, biblioteca, cantina e passarela. O MR da papelaria fica fora da rota com o objetivo de avaliar se ele é notado pelos participantes, ou se a atenção é voltada apenas para os elementos que estão presentes no percurso.

Rota 2 – Biológicas

Essa rota também conecta dois prédios, o prédio de Farmacologia e o prédio do Setor de Ciências Biológicas. Assim como o prédio utilizado na rota anterior, o prédio do Biológicas também possui uma arquitetura diferenciada, por isso foi escolhido para a segunda rota.

Durante o percurso todos os elementos considerados MR e POI estão presentes na rota. Apesar dessa rota ser menor, ela tem como dificuldade adicional o fato de o caminamento da rota ser contrário ao de visualização do sistema, portanto quando as instruções são utilizadas somente com relações espaciais e indicam apenas direita e esquerda, é preciso um esforço cognitivo maior para que o usuário não cometa equívocos. Para compreender o ambiente soluções podem ser adotadas, como girar o mapa ou fazendo uma rotação mental do mapa, para adaptá-lo mentalmente à realidade (CAMPOS; CAMPOS-JUANATEY, 2017)

FIGURA 40 - ROTAS 1 E 2



FONTE: O autor (2021).

3.5.5 Instrução de rota

Instruções textuais ou verbais podem ser usadas para a comunicação de rota. Ao usar um dispositivo móvel com fones de ouvido, as instruções verbais de orientação podem ser úteis, principalmente quando os usuários estão envolvidos com outras atividades durante a navegação. Com relação à comunicação de rota, a orientação textual é semelhante à orientação verbal, tendo como diferença que ao usar orientação textual, os usuários precisam interagir como o sistema e ler as instruções (HUANG; GARTNER, 2010)

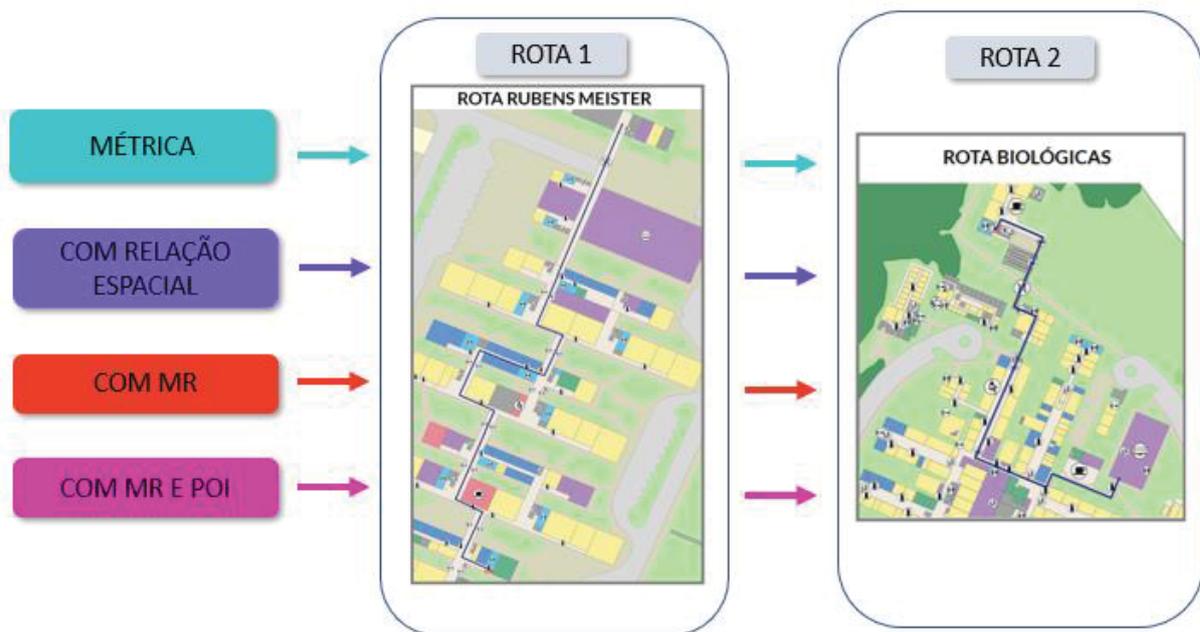
Com o objetivo de avaliar qual tipo de instrução se mostra mais vantajoso, quatro cenários com formatos de descrição textuais diferentes foram desenvolvidos:

- Instrução de rota com informações métricas, mas sem SRP;
- Instrução de rota com relação espacial, mas sem SRP;
- Instrução de rota relação espacial e MR;

d) Instrução de rota relação espacial e MR e POI;

Em cada um dos cenários duas rotas são testadas pelos usuários (FIGURA 41), uma rota no Prédio Rubens Meister e outra no Prédio do Biológicas, as rotas são exatamente as mesmas em todos os cenários o que muda é apenas a instrução da rota que é realizada de forma distinta.

FIGURA 41 - ROTAS E CENÁRIOS



FONTE: O autor (2021).

No primeiro cenário a instrução de rota é composta por informações métricas indicando a distância que deve ser percorrida e as informações de orientação (norte, sul, leste e oeste) para indicar o sentido que deve ser percorrido. Entretanto, esse tipo de instrução apesar de ser simples pode ser difícil de ser seguida pelos usuários, pois não é possível relacionar as instruções com o ambiente (REHRL et al. 2005). No QUADRO 4 e QUADRO 8 são apresentadas as descrições utilizadas para os edifícios Rubens Meister e Biológicas respectivamente.

No segundo cenário a instrução de rota é composta apenas por relações espaciais (direita, esquerda, final), segundo Fagundes (2021) o ser humano utiliza a linguagem natural para se expressar dependendo de suas experiências espaciais, por exemplo, a percepção, navegação e representação do espaço, além do reconhecimento de objetos e de como pretende fazer a busca de objetos em um

ambiente. Portanto, é importante realizar interpretações que empreguem a linguagem natural, evitando relações espaciais vagas, como usar locais imprecisamente definidos como “no sul” ou “no norte” de lugares. No QUADRO 5 e QUADRO 9 são apresentadas as descrições utilizadas para os edifícios Rubens Meister e Biológicas respectivamente.

O terceiro e quarto cenário empregam em suas descrições de rota marcos de referência, pois segundo Gotlib et al. (2012), quando se trata de navegação *indoor*, uma descrição geral da rota baseada nos pontos de referência contendo informação sobre os andares às vezes é suficiente para chegar ao destino. No QUADRO 6 e QUADRO 10 são apresentadas as descrições utilizadas para os edifícios Rubens Meister e Biológicas respectivamente.

O quarto cenário conta com marcos de referência e com pontos de interesse, em sua descrição de rota. No QUADRO 7 e QUADRO 11 são apresentadas as descrições utilizadas neste cenário para os edifícios Rubens Meister e Biológicas respectivamente.

A adequação da descrição da rota influencia fortemente a utilidade da aplicação e o conforto da sua utilização. Tal descrição deve ser semelhante à descrição que é dada por uma pessoa ao ser questionada sobre uma rota (GOTLIB et al. 2012). De acordo com Rehrl et al. (2005), as instruções devem ser enriquecidas semanticamente, devem soar naturais e conter referências a objetos (por exemplo, pontos de referência, portais e placas), a fim de melhorar a interação dos pedestres com o meio ambiente.

A seguir as descrições de cada rota são apresentadas, divididas por cenários.

a) ROTA 1:

A rota 1 (FIGURA 42) realizada em todos os cenários é mesma, o que difere é a descrição da rota (QUADRO 4, QUADRO 5, QUADRO 6, QUADRO 7).

FIGURA 42 - ROTA 1 RUBENS MEISTER



FONTE: O autor (2021).

QUADRO 4 – DESCRIÇÃO MÉTRICA ROTA 1

MÉTRICA - ROTA RUBENS MEISTER
<p>Considerando que você está parado e olhando de frente para o banheiro, siga as instruções abaixo:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Caminhe para oeste por 12m 2) Caminhe para o norte por 22m 3) Caminhe para oeste por 12m 4) Caminhe para o norte por 41m 5) Caminhe para oeste por 14m 6) Caminhe para o norte por 21m 7) Caminhe para leste por 27m 8) Caminhe para o norte por 18m 9) Caminhe para oeste por 12m 10) Caminhe para o norte por 91m 11) Você chegou ao seu destino

FONTE: O autor (2021).

QUADRO 5 – DESCRIÇÃO COM RELAÇÃO ESPACIAL ROTA 1

COM RELAÇÃO ESPACIAL - ROTA RUBENS MEISTER
<p>Considerando que você está parado e olhando de frente para o banheiro, siga as instruções abaixo:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Siga para a esquerda 2) Vire para a direita 3) Vire à esquerda 4) Em seguida vire à direita e caminhe até o final 5) Depois siga para o lado esquerdo 6) Vire para a direita 7) Vire para direita novamente 8) Vire para a esquerda 9) Novamente a esquerda 10) Vire para a direita e siga até o final 11) Você chegou ao seu destino

FONTE: O autor (2021).

QUADRO 6 - DESCRIÇÃO COM MR ROTA 1

COM MARCOS DE REFERÊNCIA - ROTA RUBENS MEISTER
<p>Considerando que você está parado e olhando de frente para o banheiro, siga as instruções abaixo:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Siga para a esquerda 2) Em seguida vire à direita e vá até o final do corredor 3) Vire para a esquerda 4) Depois da cantina e vire para a direita 5) Siga em frente até o final do corredor 6) Siga para o lado oposto a papelaria 7) Em seguida vire à direita e novamente a direita 8) Vire para a esquerda e novamente para a esquerda 9) Vire para a direita e passe em frente a biblioteca 10) Atravesse na passarela 11) A frente estará o seu destino

FONTE: O autor (2021).

QUADRO 7 - DESCRIÇÃO COM MR E POI ROTA 1

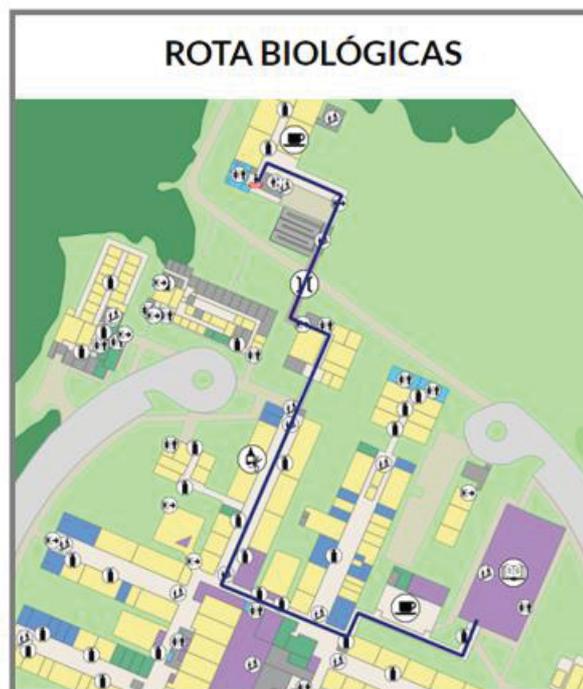
COM MARCOS DE REFERÊNCIA E PONTOS DE INTERESSE - ROTA RUBENS MEISTER
<p>Considerando que você está parado e olhando de frente para o banheiro, siga as instruções abaixo:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Siga para a esquerda em direção ao elevador e em seguida vire à direita 2) Vá até o final do corredor e vire à esquerda 3) Depois da cantina e vire para a direita 4) Após a segunda escada, siga para o lado oposto a papelaria 5) Passe pelo equipamento de incêndio e vire à direita 6) Após as portas de saída vire à direita novamente 7) Vire para esquerda, depois da porta de saída vire para a esquerda novamente 8) Vire para a direita e passe em frente a biblioteca, e passe na passarela 9) A frente estará o seu destino

FONTE: O autor (2021).

ROTA 2

A rota 2 (FIGURA 43) realizada em todos os cenários é mesma, o que difere é a descrição da rota (QUADRO 8, QUADRO 9, QUADRO 10, QUADRO 11)

FIGURA 43 - ROTA 2 BIOLÓGICAS



FONTE: O autor (2021).

QUADRO 8 - DESCRIÇÃO MÉTRICA ROTA 2

MÉTRICA - ROTA BIOLÓGICAS
<p>Considerando que você está parado e olhando de frente para o banheiro, siga as instruções abaixo:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Caminhe para norte por 6m 2) Caminhe para o leste por 24m 3) Caminhe para sul por 39m 4) Caminhe para o leste por 12m 5) Caminhe para sul por 81m 6) Caminhe para o leste por 40m 7) Caminhe para norte por 8m 8) Caminhe para o leste por 33m 9) Caminhe para o norte por 11m 10) Você chegou ao seu destino

FONTE: O autor (2021).

QUADRO 9 - DESCRIÇÃO COM RELAÇÃO ESPACIAL ROTA 2

COM RELAÇÃO ESPACIAL - ROTA BIOLÓGICAS
<p>Considerando que você está parado e olhando de frente para o banheiro, siga as instruções abaixo:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Siga para a direita 2) Vire à direita e vá até o final 3) Vire novamente à direita 4) Entre a esquerda, depois vire à direita 5) Vire para a esquerda vá até o final e vire para a esquerda 6) Vire à direita 7) E em seguida a esquerda e siga até o final 8) Você chegou ao seu destino

FONTE: O autor (2021).

QUADRO 10 - DESCRIÇÃO COM MR ROTA 2

COM MARCOS DE REFERÊNCIA - ROTA BIOLÓGICAS
<p>Considerando que você está parado e olhando de frente para o banheiro, siga as instruções abaixo:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Siga em direção a cantina 2) Vire à direita e vá até o final 3) Vire novamente à direita, atravesse a passarela 4) Entre a esquerda, depois vire à direita em direção a papelaria 5) Após passar a papelaria vire para a esquerda

- | |
|--|
| 6) Passe em frente a cantina e vire à esquerda
7) Vá até o final e caminhe em direção a cantina
8) A frente estará o seu destino |
|--|

FONTE: O autor (2021).

QUADRO 11 - DESCRIÇÃO COM MR E POI ROTA 2

COM MARCOS DE REFERÊNCIA E PONTOS DE INTERESSE - ROTA BIOLÓGICAS
<p>Considerando que você está parado e olhando de frente para o banheiro, siga as instruções abaixo:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Siga em direção a cantina 2) Vire à direita e depois da escada vire à direita na porta de saída 3) Passe pela escada e atravesse a passarela 4) Entre a esquerda, e no banheiro vire à direita em direção a papelaria 5) Após passar a papelaria vire para a esquerda na escada 6) Depois do terceiro hidrante caminhe em direção a cantina 7) Passe em frente a cantina e vire à esquerda 8) A frente estará o seu destino

FONTE: O autor (2021).

3.5.6 Questionário

As perguntas dos questionários são praticamente as mesmas para cada cenário, com pequenas adaptações entre elas para que fossem condizentes com o tipo de descrição apresentado no cenário. Como apresentado no QUADRO 12, as perguntas são divididas em três classes:

1 – Usuário: as questões relacionadas ao usuário visam compreender se ele possui dificuldade de navegar em ambientes *indoor* e se ele possui conhecimento do local em que as rotas são realizadas, pois o grau de familiaridade do usuário com o ambiente afeta a forma como este se orienta no espaço e forma seu mapa cognitivo. O conhecimento prévio sobre a estrutura interna e sobre os elementos dispostos no espaço têm menos problemas no processo de orientação espacial, devido a maior clareza e precisão na sua representação mental do ambiente *indoor* (SAROT; DELAZARI, 2018)

2 – Instruções de rota: as perguntas relacionadas às instruções de rota têm como objetivo identificar e quantificar a dificuldade do usuário em relação ao tipo de descrição empregada no cenário, além de avaliar a preferência do usuário.

3 – Pontos de Referência Espacial: as interrogações que abordam os pontos de referência têm como objetivo determinar se tais elementos ao serem empregados na descrição da rota na simbologia, trouxeram vantagens para navegação e orientação.

Dois tipos de questões foram aplicados nos questionários: a maioria das questões são de múltipla escolha, com cinco opções: Muito baixo, Baixo, Médio, Alto, Muito alto, permitindo quantificar e padronizar as respostas dos usuários. As demais perguntas possibilitaram respostas descritivas que permitem avaliar a memória de curto prazo dos participantes. Além disso, coleta das informações através das descrições verbais dos usuários permite a análise das descrições e fornece os SRP e os atributos não espaciais que auxiliam o processo de orientação espacial (SAROT; DELAZARI, 2018)

QUADRO 12 - QUESTIONÁRIO

QUESTIONÁRIO 2 - ROTA RUBENS MEISTER	
PERGUNTAS GERAIS	Tipo de Questão
Com que frequência você costuma se perder em ambientes indoor?	Múltipla escolha
Qual o seu grau de familiaridade com o ambiente da tarefa anterior?	Múltipla escolha
Qual foi seu nível de dificuldade ao relacionar as instruções com o ambiente, ao realizar a tarefa do traçado de rota?	Múltipla escolha
Quantifique a sua necessidade de consultar instruções anteriores para se certificar de que estava no local correto	Múltipla escolha
Tente descrever detalhadamente a rota que você traçou na tarefa anterior, como se você a estivesse explicando para alguém que precisa percorrer o mesmo caminho.	Descritiva
Quais elementos do interior dos edifícios você lembra de ter visto no mapa?	Descritiva
Qual era o destino final da rota?	Descritiva

CENÁRIO 01 - SEM RELAÇÃO ESPACIAL

Como você considera sua percepção de distância?	Múltipla escolha
Se houvesse pontos de referência na descrição da rota, qual o nível de ajuda você acredita que essa informação a mais te traria? Por exemplo: caminhe por 16m em direção ao museu.	Múltipla escolha

CENÁRIO 02 - COM RELAÇÃO ESPACIAL

Se houvesse pontos de referência na descrição da rota, qual o nível de ajuda você acredita que essa informação a mais te traria? Por exemplo: caminhe por 16m em direção ao museu.	Múltipla escolha
--	------------------

CENÁRIO 03 - COM MARCOS DE REFERÊNCIA

Se houvesse mais pontos de referência na descrição da rota, qual o nível de ajuda você acredita que essas informações a mais te trariam? Por exemplo: caminhe por 16m em direção ao museu e vire depois do elevador.	Múltipla escolha
--	------------------

CENÁRIO 04 - COM MARCOS DE REFERÊNCIA E PONTOS DE INTERESSE

Os pontos de referência presentes na descrição te ajudaram a se localizar?	Múltipla escolha
--	------------------

QUESTIONÁRIO 2 - ROTA BIOLÓGICAS

PERGUNTAS GERAIS	Tipo de Questão
Qual o seu grau de familiaridade com o ambiente dessa tarefa?	Múltipla escolha
Qual foi seu nível de dificuldade ao relacionar as instruções com o ambiente, ao realizar a tarefa do traçado de rota?	Múltipla escolha
Quantifique a sua necessidade de consultar instruções anteriores para se certificar de que estava no local correto	Múltipla escolha
Tente descrever detalhadamente a rota que você acabou de traçar, como se você estivesse explicando para alguém que precisa percorrer o mesmo caminho.	Descritiva
Quais elementos do interior dos edifícios você lembra de ter visto no mapa?	Descritiva
Qual era o destino final da rota?	Descritiva
Dentre as descrições de rota apresentadas abaixo, qual descrição você prefere?	Múltipla escolha

Usuário
 Instruções de rota
 SRP

FONTE: O autor (2021).

3.5.7 Análise das Informações Coletadas

a) Análise da hierarquia visual na simbologia

Hierarquia visual é dada pela percepção seletiva, que é a capacidade do usuário olhar para todos os símbolos que compartilham uma variável visual e vê-los de uma só vez, sem esforço. Entretanto, uma variável visual pode ser mais relevante para a tarefa de percepção que outras. Segundo Reimer (2011) o uso das variáveis visuais como tamanho e matiz são mais notáveis que os agrupamentos visuais produzidos pela Gestalt, mesmo quando estes símbolos estão afastados no mapa.

Para a análise da hierarquia visual na simbologia todas as análises das tarefas executadas têm o objetivo de extrair os pontos de referência espacial que foram utilizados pelos participantes, através de perguntas relacionadas a memória de curto prazo do participante ao questionar qual símbolo eles recordam, de forma indireta ao questionar como eles descreveriam a rota percorrida e qual a frequência dos relatos, além de obter dados questionando qual os símbolos que mais chamaram a atenção do usuário no mapa.

Os dados foram analisados quantitativamente, através da contabilização das respostas dos usuários.

b) Análise das instruções de rota e simbologia

Na análise das informações coletadas, foram registradas e listadas todas as palavras que citaram elementos que referenciam os SRP no ambiente, juntamente com a sua frequência, além das relações espaciais mais empregadas. Também foram analisados o tempo de execução das tarefas e se o traçado da rota foi executado de forma correta. As demais informações coletadas a respeito da familiaridade com o ambiente, a dificuldade de navegação, compreensão das instruções de rota e preferências foram avaliadas de acordo com o grau indicado pelos usuários no questionário.

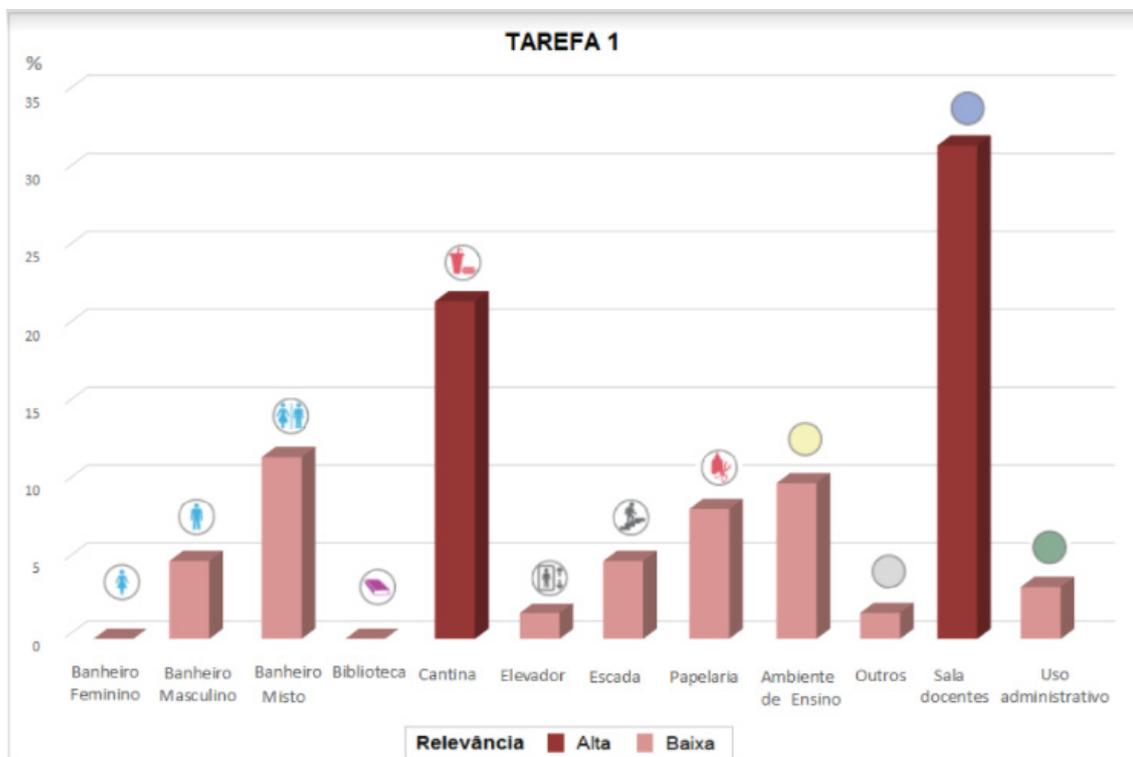
4 RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados obtidos no teste referente a análise da hierarquia visual na simbologia, sendo estes divididos por tarefas e apresentados em gráficos e valores quantitativos obtidos através das tarefas realizadas e questionários respondidos pelos participantes.

4.1 ANÁLISE DA HIERARQUIA VISUAL NA SIMBOLOGIA

Na tarefa 1, que tinha por objetivo identificar quais símbolos atraem maior atenção do usuário. Cada um dos 30 participantes indicou os dois símbolos que mais lhe chamaram a atenção. Entre as 60 respostas obtidas, constatou-se que para 32% dos usuários os símbolos descritos correspondiam a classe salas docentes como sendo os de maior destaque e em segundo lugar com 22% ficou a cantina. O GRÁFICO 1, apresenta todas as porcentagens obtidas para cada símbolo, na tarefa 1. Banheiro feminino e biblioteca não foram citados por nenhum dos participantes.

GRÁFICO 1 – SRP TAREFA 1

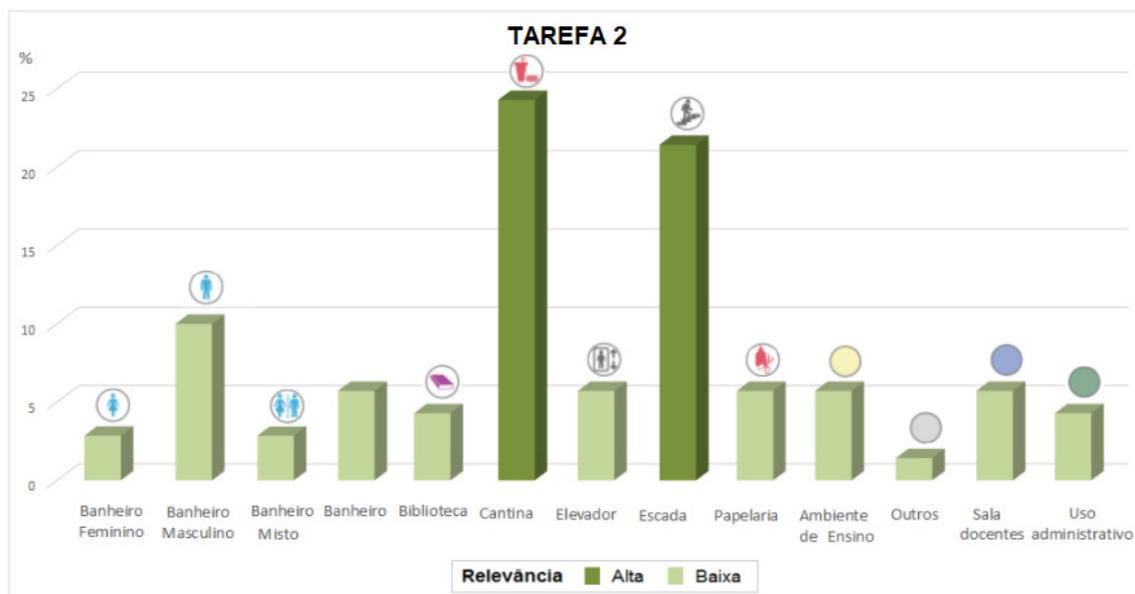


FONTE: O autor (2021)

Na tarefa 2 que tinha por objetivo extrair de forma indireta, a partir da descrição dos usuários, quais símbolos foram os mais notados. A tarefa consistia na descrição do trajeto entre os pontos A e B, 70 símbolos foram citados, dentre os quais também foram contabilizados quatro banheiros que foram citados sem a discriminação do tipo, se era feminino, masculino ou misto. Nesta tarefa, cinco participantes relataram suas descrições sem se utilizar de símbolos, utilizando apenas descrições indicativas de direção (direita e esquerda) e contabilizando corredores.

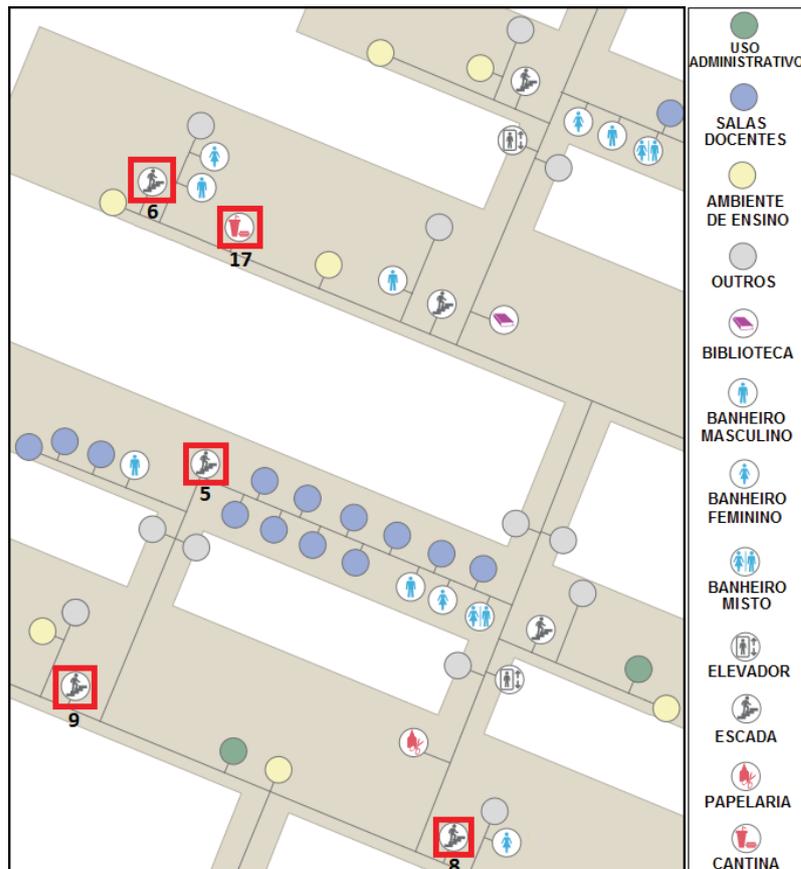
Os símbolos mais citados nas descrições de trajeto foram cantina e escada com 24% e 21% respectivamente. O GRÁFICO 2, apresenta todas as porcentagens obtidas para cada símbolo, sendo que os elementos iniciais A (ambiente de ensino) e B (banheiro feminino) quando citados pelo participante não foram contabilizados. A FIGURA 44 apresenta a localização dos itens mais citados.

GRÁFICO 2 - SRP TAREFA 2



FONTE: O autor (2021)

FIGURA 44 - AMBIENTES MAIS CITADOS NA TAREFA 2



FONTE: O autor (2021)

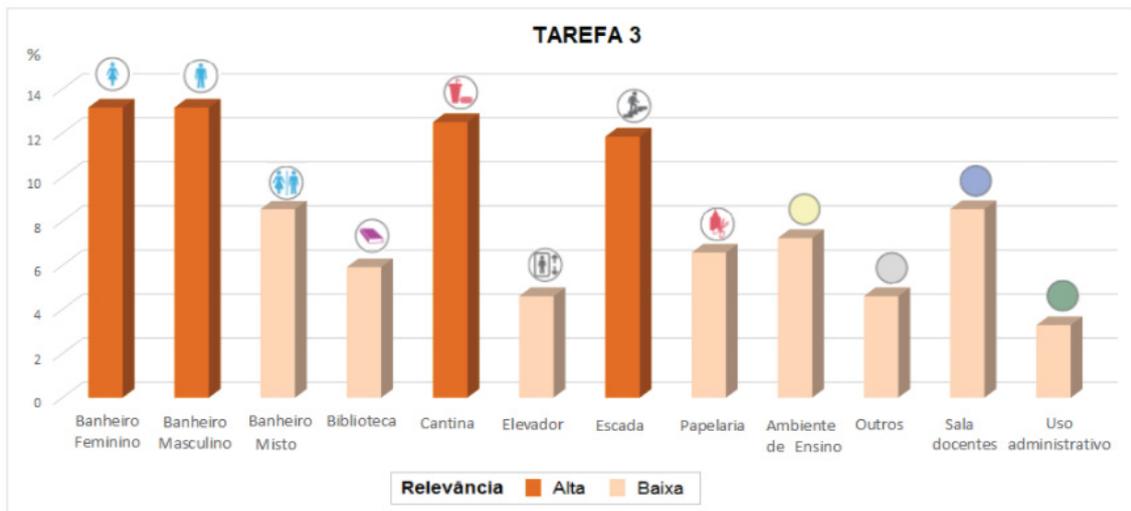
Essa tarefa possibilitou espacializar e identificar a localização dos elementos que foram mais citados como pontos de referência. Na tarefa de descrição de trajeto os símbolos pictóricos foram os mais citados. De forma geral, nessa tarefa pode-se perceber que os símbolos pontuais pictóricos são os mais notados, pois eles foram citados 116 vezes, já os símbolos geométricos apenas 36 vezes. De acordo com Fiori (2010), os símbolos pictóricos proporcionam um reconhecimento imediato, universal, de fácil compreensão e autoexplicativos, o que corrobora com os resultados encontrados..

Sarot (2020), analisou a preferência de simbologia por parte dos usuários e empregou em seus testes um mapa que possuía símbolos pictóricos pretos para os elementos mais importantes do ambiente, os demais ambientes foram simbolizados por textos. Ao empregar teste semelhante ao aplicado nessa pesquisa, que consistia na descrição de rota, seus resultados apontaram que símbolos pictóricos que aparecem com maior frequência no mapa são mais notados que outros que possuem mesma função, mas aparecem em menor quantidade no mapa, por

exemplo escadas e elevadores possuem função de troca de andar, mas as escadas foram citadas mais vezes tanto em nossa pesquisa, quanto na de Sarot (2020).

A Tarefa 3 tinha por objetivo determinar quais os símbolos eram os mais memoráveis pelos usuários ao serem questionados diretamente sobre o assunto. Nessa tarefa, dos 152 símbolos recordados pelos 30 participantes, os mais citados foram banheiro masculino, feminino e cantina, que foram citados igualmente com 13% e escada 12%. Portanto, estes elementos são os mais citados, sendo os demais elementos apresentados no GRÁFICO 3. Sendo assim, a tarefa de recordação também mostra que os símbolos pontuais pictóricos são mais facilmente recordados, sendo que os quatro elementos mais citados nesta tarefa eram pictóricos. Entretanto, como o teste de percepção não foi isolado do teste de navegação, é possível que a percepção dos símbolos e a posição deles no mapa esteja sendo mesclada. Portanto, recomenda-se testar os símbolos isoladamente em tarefas distintas.

GRÁFICO 3 - SRP TAREFA 3



FONTE: O autor (2021)

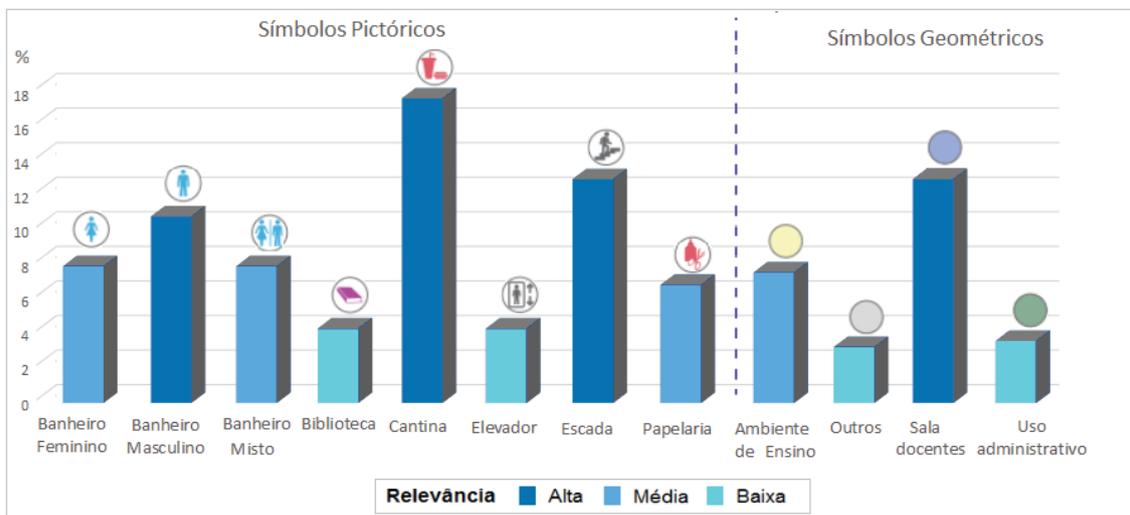
Somando todas as respostas obtidas nas três tarefas executadas, 278 símbolos foram citados, sendo 202 pictóricos e 76 geométricos, portanto, 73% dos símbolos mais notados no mapa apresentado são pictóricos. A partir desses resultados podemos concluir que os símbolos pictóricos se destacaram em relação aos geométricos, criando assim uma hierarquia visual e, portanto, podem ser

utilizados de forma combinada quando se deseja dar ênfase apenas a determinados ambientes de interesse.

Na análise final dos resultados nota-se que o símbolo pictórico que representa a cantina, é o elemento mais visto, tendo se destacado em todas as tarefas. A localização do símbolo e seu matiz podem justificar seu destaque em relação aos demais, pois o vermelho chama mais atenção (Bertin, 1986). Segundo Andrade & Sluter (2012) em geral, os símbolos que são lidos primeiramente pelos usuários estão posicionados na parte superior do mapa em relação ao centro óptico e geométrico, que é onde se encontra o símbolo da cantina.

Analisando conjuntamente os resultados obtidos em todas as tarefas (GRÁFICO 4), conclui-se que os elementos mais citados foram “cantina”, “escadas” e “banheiros”, que são pictóricos e “salas de docentes” que possuem representação geométrica. Os menos citados foram a classe “outros”, “uso administrativo”, “biblioteca” e “elevador”.

GRÁFICO 4 - RESULTADO INTEGRADO DE TODAS AS TAREFAS



FONTE: O autor (2021)

4.1.1 Discussão

MacEachren (1995) reconhece a necessidade de empregar múltiplas tarefas de leitura e análise do mapa para realizar a análise da eficácia do mapa, pois utilizar um único critério pode não refletir com êxito a percepção das informações do mapa. Observou-se neste estudo, através dos resultados obtidos, que tarefas diferentes

podem resultar em respostas distintas. Por exemplo, na tarefa de indicação direta, os símbolos pontuais geométricos da classe sala de docentes se destacaram, devido ao agrupamento criado por estes símbolos. De acordo com Andrade (2012) o agrupamento se refere à junção perceptiva de elementos similares, seja pela proximidade ou por semelhança, que é o caso que ocorre com os símbolos da classe salas de docentes.

Mas os símbolos pictóricos foram os mais citados nos testes, portanto conclui-se que os símbolos pictóricos são vistos primeiro, pois são fáceis de serem decodificados e lembrados quando comparados com símbolos geométricos, que por sua vez, apresentam-se de difícil decodificação, exigindo consultas constantes à legenda do mapa. Porém, a disposição e localização dos símbolos, pode fazer determinado elemento se destacar mais do que outros.

Sendo assim, a hipótese levantada nesta parte da pesquisa foi verificada, pois símbolos pictóricos utilizados na representação juntamente com símbolos geométricos geraram uma hierarquia visual, e os símbolos pictóricos foram os que mais chamaram a atenção e ficaram retidos na memória dos participantes. Concluímos então, que a utilização de simbologias distintas combinadas é uma técnica eficiente e que deve ser empregada somente quando há a necessidade de se destacar determinados elementos. No entanto, também é preciso analisar como os próprios pontos de referência podem ser diferenciados entre si.

4.2 ANÁLISE DE INSTRUÇÕES DE ROTA E SIMBOLOGIA

Para determinar se o uso de relações espaciais e pontos de referência, sejam eles marcos ou pontos de interesse, nas descrições de rota facilitam a compreensão do percurso a ser percorrido pelos usuários em um ambiente *indoor* foi realizado um teste com usuários

Quarenta pessoas participaram deste teste, sendo 10 participantes para cada cenário, que contém duas rotas e dois questionários. O objetivo desse teste é compreender qual forma de descrição traz maior auxílio para a compreensão dos usuários. A análise dos resultados foi realizada a partir dos dados obtidos com os questionários e com o traçado de rota realizado pelos usuários. Foi analisado se o usuário conseguiu traçar corretamente a rota a partir da descrição fornecida sem

cometer nenhum equívoco e se ele conseguiu concluir a rota, qual foi o tempo empregado na execução da tarefa e quais elementos do ambiente o usuário se recordava ou relatava ao descrever a rota realizada. Os dados obtidos foram analisados e apresentados com tabelas quantitativas.

Dos 40 testes realizados 25 foram feitos em dispositivo mobile e 15 em desktop, mas as respostas serão analisadas em conjunto, pois o sistema possuía as mesmas funcionalidades nas duas versões.

4.2.1 CENÁRIO 01 – Informações Métricas

Dentre os 40 participantes, 10 responderam ao teste relativo ao cenário 01. Nesse cenário os participantes deveriam seguir as instruções de duas rotas, uma no prédio Rubens Meister e outra no Prédio de Biológicas, e traçar no mapa o caminho relativo às instruções a partir de um ponto inicial, sendo que as instruções continham apenas informações métricas. Ao final de cada traçado um questionário com informações pertinentes a experiência do usuário e a execução da tarefa foi respondido.

a. Prédio Rubens Meister

Ao serem questionados sobre como consideravam sua percepção de distância, metade dos 10 participantes considera que possui uma capacidade alta de estimar distâncias, três consideraram sua percepção como média, um considerou baixa e outro muito baixa. Dentre os 10 participantes, quatro informaram que possuem um grau médio de desorientação em ambiente *indoor*. Seis participantes informaram que possuem um conhecimento alto e um muito alto do local.

De todos os participantes, nove deles conseguiram concluir a tarefa 01 e traçar a rota no prédio Rubens Meister, porém apenas dois chegaram ao local correto que é o elevador, quatro pararam antes na passarela e três indicaram que o destino final era fora do prédio mesmo sem haver a possibilidade de isso ocorrer, pois não há uma porta de saída no local.

Dentre os nove participantes que concluíram a rota, três participantes em determinado momento foram por fora do prédio (FIGURA 44) ao invés de seguir pelo corredor interno da estrutura. Mas seria uma rota possível, pois há portas que

permitiriam essa conexão. O traço mais largo em azul escuro indica o traçado que deveria ter sido seguido pelos participantes e o mesmo se repete nas próximas figuras.

FIGURA 44 – INCONSISTÊNCIAS NO TRAÇADO DE ROTA



FONTE: O autor (2021)

Na FIGURA 45 é possível notar que os participantes chegaram em locais diferentes. Os pontos vermelhos são os locais onde as rotas foram finalizadas. Nesse trecho encontra-se a maior distância a ser percorrida indicada na instrução de rota e o mapa precisa ser deslocado mais de uma vez para visualizar o trecho inteiro, o que pode ter ocasionado a incoerência dos usuários ao apontar distintos destinos finais.

FIGURA 45 - INCONSISTÊNCIAS NA CONCLUSÃO DA ROTA



FONTE: O autor (2021)

b. Prédio Biológicas

Dentre os participantes, nove deles afirmam ter um conhecimento que varia de muito baixo a médio sobre o local da rota. Cinco participantes possuem alto grau

de desorientação em ambientes *indoor*. Todos os 10 participantes concluíram a tarefa e chegaram ao destino final (FIGURA 46). Entretanto, dois participantes foram por fora do prédio e traçaram uma rota incoerente pois traçaram o retorno para o interior da edificação em um local onde não há identificação de portas de acesso, portanto não haveria a possibilidade de entrar na edificação por ali (FIGURA 47).

FIGURA 46 - DESTINO CORRETO



FONTE: O autor (2021)

FIGURA 47 - TRAÇADO DE ROTA ERRADO



FONTE: O autor (2021)

4.2.2 CENÁRIO 02 – Com Relação Espacial

Dentre os 40 participantes, 10 responderam ao teste relativo ao cenário 02. Nesse cenário os participantes deveriam seguir as instruções de duas rotas, uma no prédio Rubens Meister e outra no Prédio de Biológicas, e traçar no mapa o caminho relativo às instruções a partir de um ponto inicial, sendo que as instruções continham descrições contendo relações espaciais. Ao final de cada traçado um questionário com informações pertinentes a experiência do usuário e a execução da tarefa foi respondido.

a. Prédio Rubens Meister

Dos 10 participantes que realizaram os testes nesse cenário, nove deles afirmam ter um conhecimento de muito baixo a médio sobre o local. Nove participantes informaram que possuem um grau de desorientação em ambientes *indoor*. Em relação ao traçado de rota, seis participantes alcançaram o destino final com êxito, os demais se perderam durante o percurso (FIGURA 48).

FIGURA 48 - TRAJETOS ERRADOS



FONTE: O autor (2021)

b. Prédio Biológicas

Os 10 participantes que testaram esse cenário afirmaram que possuem um conhecimento a respeito do local testado que varia entre muito baixo e médio. Na tarefa do traçado de rota, seis participantes se perderam e não chegaram ao destino, dentre esses seis, quatro deles já haviam tido dificuldade em executar a tarefa anterior que estava relacionada ao prédio Rubens Meister. Na FIGURA 49 é possível notar que um dos participantes ficou completamente desorientado e realizou um percurso explorando principalmente a parte outdoor do campus.

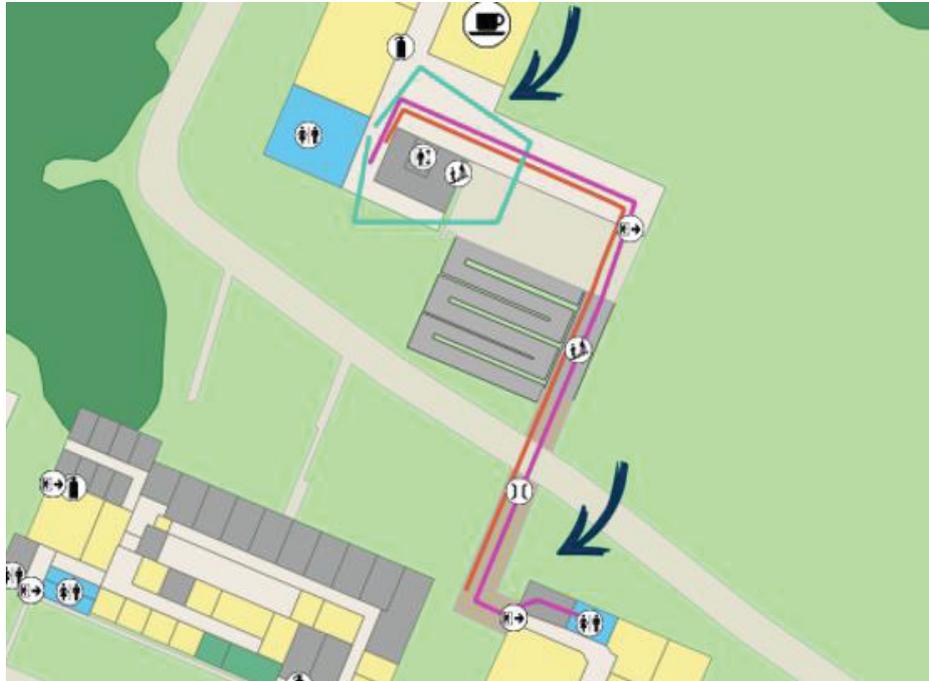
Três dos participantes tiveram problemas logo no início e se sentiram desorientados e não concluíram a tarefa, e dois se perderam no final do trajeto (FIGURA 50).

FIGURA 49 - ERRO NO TRAÇADO DE ROTA



FONTE: O autor (2021)

FIGURA 50 – ROTAS INCOMPLETAS



FONTE: O autor (2021)

4.2.3 CENÁRIO 03 – Com Marcos de Referência

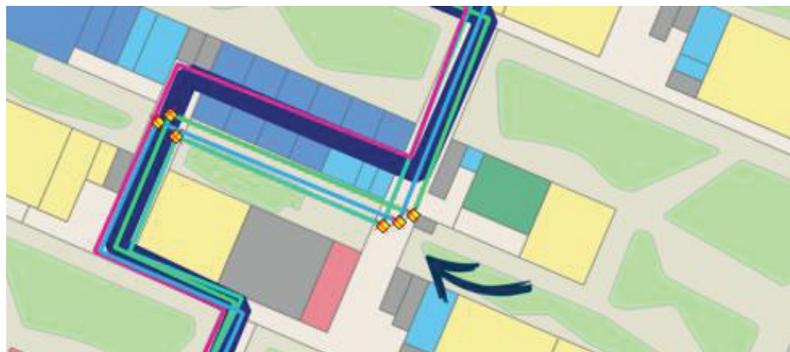
Dentre os 40 participantes, 10 responderam ao teste relativo ao cenário 03. Nesse cenário os participantes deveriam seguir as instruções de duas rotas, uma no prédio Rubens Meister e outra no Prédio de Biológicas, e traçar no mapa o caminho relativo às instruções a partir de um ponto inicial, sendo que as instruções continham marcos de referência. Ao final de cada traçado um questionário com informações pertinentes a experiência do usuário e a execução da tarefa foi respondido.

a. Prédio Rubens Meister

Em relação ao prédio Rubens Meister, dos 10 participantes, 5 deles possuem um conhecimento sobre o ambiente que varia entre alto e muito alto. Seis dos participantes responderam que possuem um grau de desorientação médio em ambientes *indoor*. Em relação ao traçado de rota, três participantes fizeram um percurso diferente atravessando uma área externa do prédio (FIGURA 51), porém

era possível realizar essa rota. Apenas um participante se perdeu e não conseguiu concluir a tarefa com êxito.

FIGURA 51 - ROTA INCORRETA

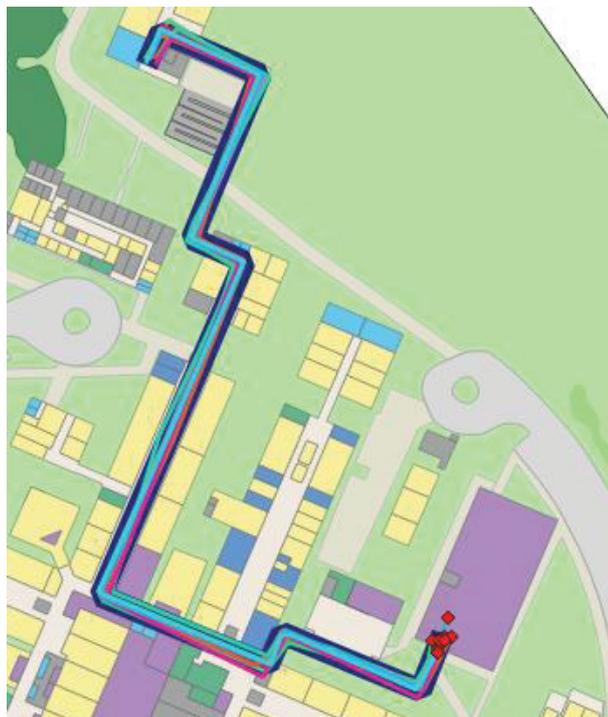


FONTE: O autor (2021)

b. Prédio Biológicas

Os 10 participantes que realizaram o teste nesse cenário responderam ter um conhecimento do local que varia de muito baixo a médio. No cenário em que as descrições empregam Marcos de referência todos os 10 participantes concluíram a tarefa com êxito (FIGURA 52).

FIGURA 52 - ROTAS TRAÇADAS CORRETAMENTE



FONTE: O autor (2021)

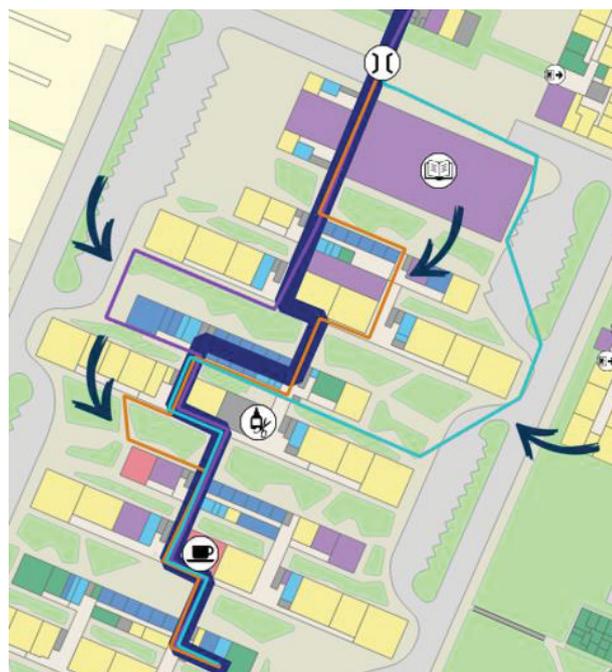
4.2.4 CENÁRIO 04 – Com Marcos de Referência e Pontos de Interesse

Dentre os 40 participantes, 10 responderam ao teste relativo ao cenário 04. Nesse cenário os participantes deveriam seguir as instruções de duas rotas, uma no prédio Rubens Meister e outra no Prédio de Biológicas, e traçar no mapa o caminho relativo às instruções a partir de um ponto inicial, sendo que as instruções continham marcos de referência e pontos de interesse. Ao final de cada traçado um questionário com informações pertinentes a experiência do usuário e a execução da tarefa foi respondido.

a. Prédio Rubens Meister

Dos 10 participantes, nove deles possuem familiaridade com o ambiente que varia entre muito baixa e baixa. Todos os participantes informaram que possuem grau de desorientação médio em ambientes *indoor*. Na execução da tarefa do traçado de rota sete participantes concluíram a tarefa corretamente, três deles realizaram percursos diferentes do que lhes foi indicado (FIGURA 53), mas chegaram ao destino final, apesar de terem se perdido, as referências nas instruções tornaram possível que os participantes se localizassem novamente e voltassem para o percurso.

FIGURA 53 - DIVERGÊNCIAS DE TRAÇADO

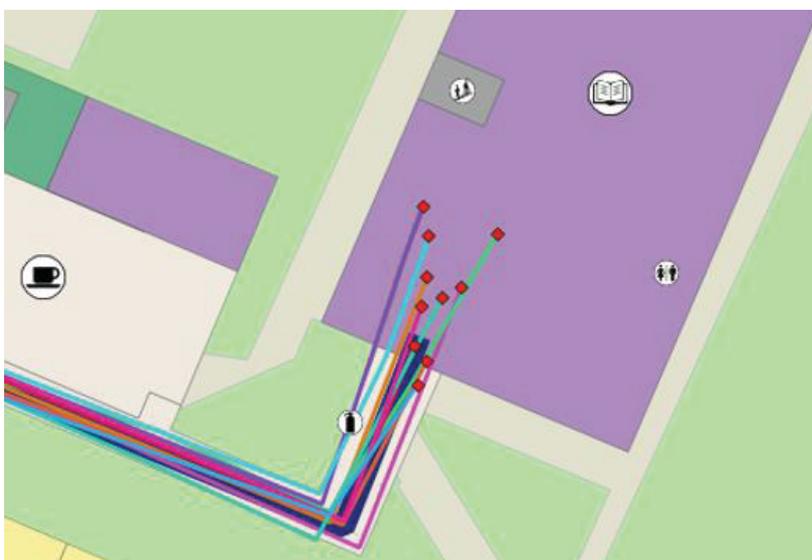


FONTE: O autor (2021)

b. Prédio Biológicas

Dos 10 participantes desse cenário nove responderam ter uma familiaridade que varia de muito baixa a média do prédio. Na tarefa de traçado de rota todos os participantes alcançaram o destino da rota (FIGURA 54), mas dois deles durante o percurso realizaram o trajeto usando uma área que é a rampa de acesso ao prédio (FIGURA 55) e fica ao lado da escada que deveriam ter usado. No mapa a rampa não está sinalizada por não ser considerada um ponto de referência ou ponto de interesse, já a escada encontra-se devidamente representada e mesmo assim não foi utilizada. Apesar do erro, o trajeto poderia ser realizado sem maiores prejuízos.

FIGURA 54 - DESTINO ENCONTRADO



FONTE: O autor (2021)

FIGURA 55 - TRAÇADO DE ROTA INCONSISTENTE



FONTE: O autor (2021)

Portanto, ao se analisar todas as rotas traçadas nas duas tarefas pode-se obter as seguintes informações, apresentadas na TABELA 1. Os cenários que possuem algum tipo de ponto de referência foram os cenários nos quais os usuários tiveram mais sucesso ao chegar até o destino final. No cenário 4 que contém MR e POI dois usuários fizeram rotas bem diferentes do que foi planejado, mas graças a existência de elementos de referência eles conseguiram se localizar e retomar a rota. Tal fato não seria possível se eles não tivessem as informações sobre o SRP nas descrições da rota. O maior índice de rotas que não foram concluídas são as rotas traçadas utilizando a descrição que contém apenas indicações de direita e esquerda, sendo que a rota mais divergente apresentada, em que o usuário se perdeu completamente, foi usando esse tipo de descrição.

TABELA 1 - RESUMO DOS TRAÇADOS DAS ROTAS 1 e 2

CENÁRIO	CHEGOU AO DESTINO	ROTA ERRADA	NÃO CONCLUIU
Métrica	12	2	1
Relação Espacial	10	0	10
MR	14	0	1
MR e POI	16	2	0

FONTE: O autor (2021)

4.2.5 Discussão

Ao serem questionados se costumam se perder em ambientes *indoor*, 22 participantes afirmaram que se perdem com frequência média, seis com frequência alta, um se perde com frequência muito alta, oito se perdem com baixa frequência e três com baixíssima frequência (TABELA 2).

TABELA 2 – GRAU DE DESORIENTAÇÃO

	CENÁRIOS				TOTAL
	MÉTRICA	RE	MR	MR POI	
Muito baixo	1	2	0	0	3
Baixo	3	1	4	0	8
Médio	4	2	6	10	22
Alto	1	5	0	0	6
Muito alto	1	0	0	0	1
TOTAL	10	10	10	10	40

FONTE: O autor (2021)

Para compreender o grau de familiaridade com os ambientes apresentados no teste os participantes responderam no questionário a respeito do seu conhecimento sobre as áreas. Para a rota 1 (TABELA 3) o conhecimento dos usuários se concentra entre baixo e alto, já para a rota 2 (TABELA 4) a familiaridade com o ambiente varia principalmente entre muito baixa e média.

TABELA 3 – FAMILIARIDADE AMBIENTE ROTA 1

	CENÁRIOS				TOTAL
	MÉTRICA	RE	MR	MR POI	
Muito baixo	1	3	2	2	8
Baixo	1	3	1	6	11
Médio	1	3	2	1	7
Alto	6	1	3	1	11
Muito alto	1	0	2	0	3
TOTAL	10	10	10	10	40

FONTE: O autor (2021)

TABELA 4 – FAMILIARIDADE AMBIENTE ROTA 2

	CENÁRIOS				TOTAL
	MÉTRICA	RE	MR	MR POI	
Muito baixo	3	4	4	3	14
Baixo	3	4	1	3	11
Médio	3	2	5	3	13
Alto	1	0	0	1	2
Muito alto	0	0	0	0	0
TOTAL	10	10	10	10	40

FONTE: O autor (2021)

Ao serem questionados sobre a dificuldade de relacionar as instruções de rota com o ambiente apresentado nas duas rotas, os participantes apontaram (TABELA 5) que o cenário que contém instruções apenas com relações espaciais é a mais difícil com 13 indicações que variam entre dificuldade média e muito alta. Nos demais cenários o grau de dificuldade teve o mesmo número de indicações: 12 para cada, variando também entre média e alta.

TABELA 5 - DIFICULDADE EM UTILIZAR AS INSTRUÇÕES NAS ROTAS 1 E 2

	CENÁRIOS				TOTAL
	MÉTRICA	RE	MR	MR POI	
Muito baixo	0	3	2	2	7
Baixo	8	4	6	6	24
Médio	11	6	9	9	35
Alto	1	5	3	3	12
Muito alto	0	2	0	0	2
TOTAL	20	20	20	20	80

FONTE: O autor (2021)

Para quantificar a dificuldade de uso das instruções, foi questionado aos participantes com que frequência ele precisou olhar instruções anteriores para se certificar de que estava no local correto. De acordo com as respostas apresentadas na (

TABELA 6) o maior índice de dificuldade foi com o cenário 4 que contém MR e POI nas instruções, provavelmente devido a quantidade elevada de informações presentes nas instruções. Mas em geral, os participantes sentiram uma necessidade média de consultar instruções anteriores.

TABELA 6 – CONSULTAR INSTRUÇÕES ANTERIORES NAS ROTAS 1 E 2

	CENÁRIOS				TOTAL
	MÉTRICA	RE	MR	MR POI	
Muito baixo	2	4	2	1	9
Baixo	3	2	3	4	12
Médio	13	7	9	8	37
Alto	1	4	5	5	15
Muito alto	1	3	1	2	7
TOTAL	20	20	20	20	80

FONTE: O autor (2021)

Em relação ao tempo de execução (TABELA 7) das tarefas de desenho de rota, o cenário que teve o tempo médio menor foi o cenário que envolvia descrições apenas com informações métricas e orientações de direção com 6,14 minutos, e o cenário em que o tempo médio de execução foi o mais alto foi o que envolvia MR e POI nas descrições, com 11,05 minutos. Portanto, a descrição mais simples foi compreendida mais rapidamente do que as que continham mais informações e

portanto, tornavam a correlação do mapa com as instruções mais demoradas por ter mais detalhes.

TABELA 7 – TEMPO MÉDIO DE EXECUÇÃO DAS TAREFAS NAS ROTAS 1 E 2

Cenário	Tempo Médio (min)
Métrica	6,14
Relação espacial	10,37
MR	9,14
MR e POI	11,05

FONTE: O autor (2021)

A próxima análise é feita trabalhando de forma conjunta as respostas obtidas nos questionários referentes a rota 1 e 2. Na etapa do questionário que indagava como o usuário descreveria para outra pessoa a rota que acabou de percorrer foi possível extrair informações em relação aos ambientes que os usuários mais utilizaram como referência espacial. Como apresentado na TABELA 8, dentre os 150 ambientes citados, os elementos mais recorrentes nas descrições, que apresentam um total de mais de 10% cada, totalizando 82% dos relatos foram: Banheiro, Biblioteca, Cantina, Papelaria e Passarela, sendo que todos são marcos de referência, menos o Banheiro que é um POI, mas o que mais se repete dentro da área de estudo. Dentre os MR mais citados a passarela é um ponto de referência estrutural, cuja importância vem do seu papel ou localização em relação à estrutura do espaço e possui uma posição proeminente no ambiente (HIRTLE; SORROWS, 1999). Já os demais MR, são considerados pontos de referência visual, pois devido o contraste com seus arredores, proeminência de localização espacial e características visuais, se tornam elementos particularmente memoráveis (HIRTLE; SORROWS, 1999).

TABELA 8 – SRP CITADOS NA DESCRIÇÃO DA ROTA PELOS PARTICIPANTES

	CENÁRIOS				TOTAL	% TOTAL
	MÉTRICA	RE	MR	MR POI		
Banheiro	4	9	3	2	18	12,00
Biblioteca	3	0	12	9	24	16,00
Cantina	2	1	16	11	30	20,00
Elevador	1	0	1	3	5	3,33
Escada	1	1	1	6	9	6,00
Extintor	0	0	0	1	1	0,67
Papelaria	0	0	17	6	23	15,33
Passarela	2	4	13	9	28	18,67
Saída	3	3	1	5	12	8,00
TOTAL	16	18	64	52	150	100,00

FONTE: O autor (2021)

Na questão direta em relação a qual ambiente os usuários lembravam (TABELA 9), 294 ambientes foram citados. Os elementos mais citados nas descrições, que apresentam um total superior a 10% cada, totalizando 73,97% dos relatos foram: foram Banheiro, Biblioteca, Cantina, Escada e Extintor, sendo que desses, apenas Cantina e Biblioteca, são marcos de referência, os demais ambientes são considerados como pontos de interesse (SAROT, 2020). Os POI podem ser mais memoráveis devido à alta quantidade de elementos presentes no ambiente/representação.

TABELA 9 – AMBIENTES MEMORÁVEIS

	CENÁRIOS				TOTAL	% TOTAL
	MÉTRICA	RE	MR	MR POI		
Banheiro	13	17	13	9	52	17,81
Biblioteca	6	6	11	8	31	10,62
Cantina	9	8	13	9	39	13,36
Elevador	1	7	2	4	14	4,79
Escada	10	11	12	16	49	16,78
Extintor	10	10	10	15	45	15,41
Papelaria	2	3	14	8	27	9,25
Passarela	1	2	7	6	16	5,48
Saída	6	3	4	6	19	6,51
TOTAL	60	67	86	81	292	100,00

FONTE: O autor (2021)

Através da questão da descrição da rota também foi possível analisar quais são as relações espaciais mais utilizadas. Na TABELA 10 e TABELA 11 é possível

perceber que as pessoas empregam com maior frequência termos que indicam a direção usando direita e esquerda, sendo esses relatados mais de 100 vezes cada. Em contrapartida, poucas descrições empregam pontos cardeais para indicar a direção, sendo citados apenas 14 vezes. Portanto, direita esquerda é mais usual e se assemelha mais a linguagem falada pelos usuários (FAGUNDES, 2021).

TABELA 10 – PONTOS CARDEAIS

	CENÁRIOS				TOTAL
	MÉTRICA	RE	MR	MR POI	
Leste	3	0	0	0	3
Noroeste	0	1	0	0	1
Norte	5	0	0	0	5
Oeste	3	0	0	0	3
Sudeste	0	1	0	0	1
Sul	1	0	0	0	1
TOTAL	12	2	0	0	14

FONTE: O autor (2021)

TABELA 11 - DIREÇÕES

	CENÁRIOS				TOTAL
	MÉTRICA	RE	MR	MR POI	
Direita	20	38	32	23	113
Esquerda	19	32	37	16	104
TOTAL	39	70	69	39	217

FONTE: O autor (2021)

Para a questão referente a qual ambiente os usuários encontraram no destino final, somente 8 participantes descreveram corretamente, que era um elevador, ou seja, um POI na rota 1. Já na rota 2 o destino final era a biblioteca que é um MR. Nessa questão 30 participantes descreveram o destino corretamente. Portanto, o MR foi mais memorável que o POI. Vale salientar que as respostas obtidas nessa questão, incluem o fator memória de curto prazo, pois era preciso que após realizar a rota e responder o questionário, o usuário deveria ainda se lembrar de onde chegou. As respostas apresentadas na TABELA 12 apresentam dados referentes aos destinos dos usuários, obtidas usando os traçados realizados pelos usuários. Por esse motivo os valores indicados podem ser distintos, do que quando questionados diretamente sobre qual era o ponto final da rota. Em meio aos 40 participantes, 14 não foram capazes de responder qual era o destino final da rota,

pois não se recordavam ou se sentiam inseguros em responder, assim 26 respostas foram obtidas. Sendo, três abstenções no cenário 1 e no cenário 3, e 4 abstenções no cenário 2 e 4. Dentre os resultados obtidos é possível notar que o segundo mais indicado foi a passarela, que é um MR, portanto um símbolo maior e foi mais memorável que o símbolo do elevador que é um POI. Segundo Antunes (2016) os pontos de referência estruturais, em geral são os que mais chamam atenção do usuário dentro do ambiente *indoor*, a passarela é um ponto de referência classificado como estrutural.

TABELA 12 - DESTINO FINAL - ROTA 1

AMBIENTE	CENÁRIOS				TOTAL
	MÉTRICA	RE	MR	MR POI	
Banheiro	0	1	0	0	1
Biblioteca	0	0	2	0	2
Cantina	1	0	0	0	1
Elevador	2	2	2	2	8
Estacionamento	0	1	0	0	1
Extintor	0	1	1	1	3
Passarela	1	1	2	2	6
Saída	3	0	0	1	4
TOTAL	7	6	7	6	26

FONTE: O autor (2021)

Na segunda rota (TABELA 13) houve um número de acertos bem mais expressivo. 30 participantes concluíram a rota com satisfação e chegaram até a biblioteca, quatro erraram e seis se abstiveram de responder por não terem certeza se chegaram no local correto ou não repararam qual era o ambiente encontrado no destino final. O grande número de acertos nessa tarefa se deve ao fato de que o ponto final da rota é um Marco de Referência, portanto possui um símbolo maior e é um ambiente que possui uma representação geométrica maior que os elementos do entorno, portanto possui uma atração visual maior. Outro fator que pode ter influenciado o alto número de acertos é o fato de que os participantes já haviam respondido questão similar no questionário da rota anterior, o que pode ter auxiliado os participantes a se tornarem mais atentos.

TABELA 13 - DESTINO FINAL - ROTA 2

AMBIENTE	CENÁRIOS				TOTAL
	MÉTRICA	RE	MR	MR POI	
Banheiro	0	0	0	0	0
Biblioteca	9	2	9	10	30
Estacionamento	0	1	0	0	1
Extintor	0	1	0	0	1
Passarela	0	1	0	0	1
Saída	1	0	0	0	1

FONTE: O autor (2021)

Os participantes foram questionados se a presença, adição ou quantidade de elementos de referência, lhes auxiliaria. De forma mais específica no questionário de Métrica e Relação espacial a pergunta foi: “Se houvessem pontos de referência na tarefa com uso de descrição da rota, qual o nível de ajuda você acredita que essa informação a mais te traria? Por exemplo: caminhe por 16m em direção ao museu”.

No questionário referente ao cenário 3 com MR a pergunta realizada foi: “Se houvessem mais pontos de referência na descrição da rota, qual o nível de ajuda você acredita que essas informações a mais te trariam? Por exemplo: caminhe por 16m em direção ao museu e vire depois do elevador”. No último cenário: “Os pontos de referência presentes na descrição te ajudaram a se localizar?”

As respostas dessas perguntas foram agrupadas na TABELA 14, em que é possível notar que a maioria dos participantes acredita que os SRP podem auxiliá-los durante a navegação.

TABELA 14 – AUXÍLIO DE SRP

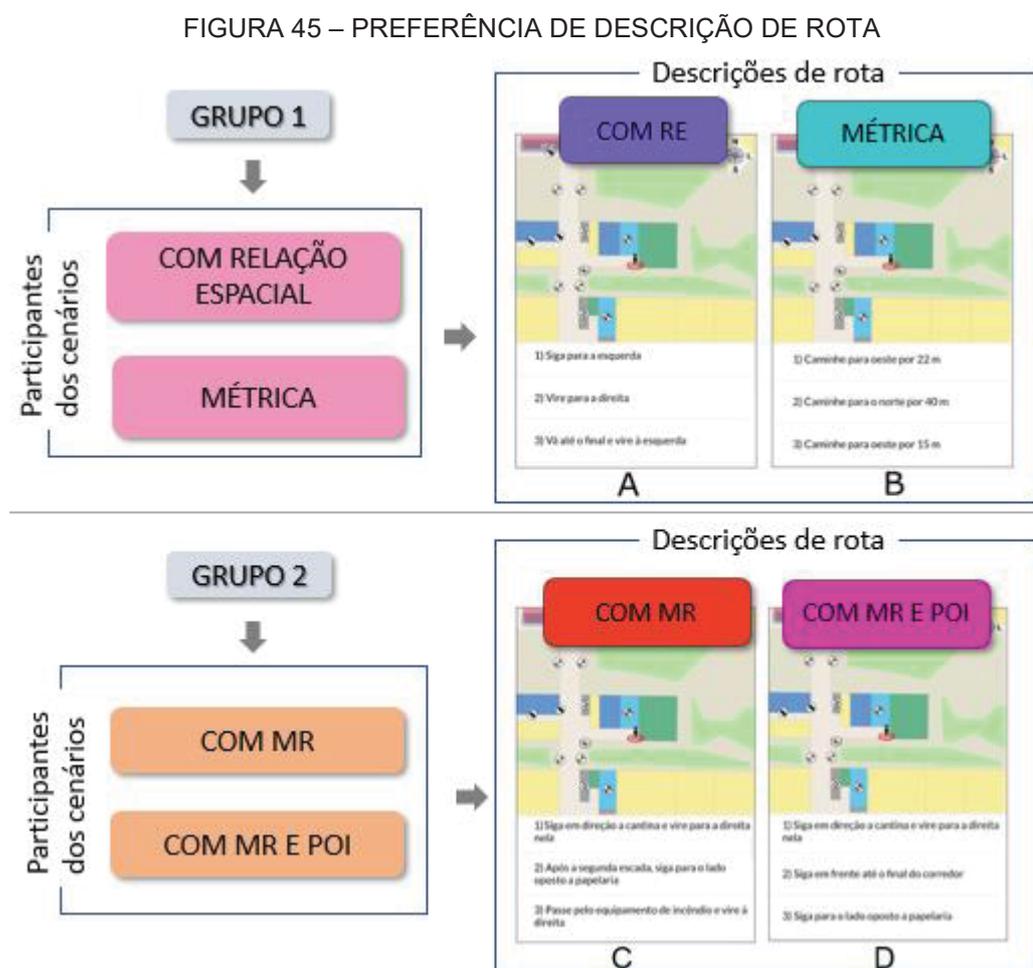
	CENÁRIOS				TOTAL
	MÉTRICA	RE	MR	MR POI	
Muito baixo	0	0	3	0	3
Baixo	0	1	1	0	2
Médio	2	1	0	3	6
Alto	3	4	5	3	15
Muito alto	5	4	1	4	14
TOTAL	10	10	10	10	40

FONTE: O autor (2021)

Visando avaliar qual o tipo de instrução de rota os usuários preferem, os participantes foram divididos em dois grupos. O grupo 1 é composto pelos 20

participantes que responderam às questões do cenário 1 e 2, ou seja, os cenários que não possuem pontos de referência. O grupo 2 é formado pelos 20 participantes que responderam às questões do cenário 3 e 4, ou seja, os cenários que possuem algum tipo de ponto de referência.

No questionário do grupo 1 foi apresentado uma figura com dois tipos de instrução de rota, a que o participante usou e a outra que se encaixa no mesmo grupo. Por exemplo, se um usuário respondeu o teste do cenário 1 com instruções métricas, ele deveria escolher se a descrição contendo informações métricas ou se a descrição contendo relações espaciais lhe agradava mais. No questionário do grupo 2, usou-se a mesma estratégia, porém empregando as descrições que contém pontos de referência. A (FIGURA 45) mostra a distribuição dos grupos e descrições de rotas.



FONTE: O autor (2021)

De acordo com as respostas obtidas (TABELA 15), o grupo 1 prefere as descrições com instruções de orientação que indicam direita e esquerda ao invés das que utilizam pontos cardeais e distâncias. As respostas do grupo 2 são similares, sendo que 9 participantes preferem o tipo de descrição que contém MR e POI e onze preferem que as descrições contenham apenas os marcos principais.

TABELA 15 – PREFERÊNCIA POR DESCRIÇÃO DE ROTA

Grupo 1	A	B	Participantes	Grupo 2	C	D	Participantes
Métrica	9	1	10	MR	4	6	10
RE	6	4	10	MR POI	5	5	10
TOTAL	15	5	20	TOTAL	9	11	20

FONTE: O autor (2021)

Mesmo com mais da metade dos 40 participantes, afirmando se sentirem desorientados em ambientes *indoor*, mais especificamente, 29 deles responderam que se sentem desorientados com frequência média a muito alta, notou-se que 52 das 80, ou seja, 65% das rotas executadas por eles foram concluídas com sucesso.

Em relação aos cenários, os que possuem algum tipo de ponto de referência foram os cenários nos quais os usuários tiveram mais sucesso ao chegar até o destino final. Além disso, os pontos de referência serviram de auxílio aos participantes que se perderam, pois mesmo percorrendo parte do trajeto de forma errônea, graças aos elementos de referência eles conseguiram retornar para a rota.

O cenário que apresentou os piores resultados, tendo o maior índice de rotas que não foram concluídas são as rotas traçadas utilizando a descrição que contém apenas indicações de direita e esquerda, sendo que a rota mais divergente apresentada, em que o usuário se perdeu completamente, foi usando esse tipo de descrição.

O cenário que os usuários afirmaram ter mais dificuldade em seguir as instruções também foi o cenário que continha apenas relações espaciais. Mas, em geral, a maioria dos participantes não sentiu dificuldade em seguir as instruções de rotas fornecidas independente do cenário. São 40 participantes testando duas rotas cada, portanto havia 80 rotas, e os participantes afirmaram em 59 delas, ou seja, em

73,75% das rotas, a dificuldade em seguir as instruções variou entre baixa e média. Esse resultado corrobora com os resultados encontrados quando os participantes foram questionados se eles sentiram necessidade de olhar instruções anteriores para se certificar que estavam no local correto, em 49 rotas a necessidade variou entre baixa e média, sendo os cenários que tiveram maior dificuldade foi novamente o cenário que continha apenas relações espaciais. Quando se analisa o tempo de execução das tarefas novamente o cenário que contém apenas relações espaciais se destaca, pois foi um dos que os participantes levaram maior tempo para concluir, 10.37 minutos. Porém o cenário que continha MR e POI foi o que teve maior tempo médio de execução com 11.05 minutos.

Ao analisar os ambientes citados, os elementos mais recorrentes nas descrições foram: Biblioteca, Cantina, Papelaria e Passarela, que são marcos de referência, Banheiro, Escada e Extintor, são considerados como pontos de interesse. Os POI podem ser mais memoráveis devido à alta quantidade de elementos presentes no ambiente/representação. De acordo com 29 dos 40 participantes a inserção de pontos de referência na descrição da rota tem uma alta ou muito alta capacidade de auxiliar na rota.

Apesar de indicações de direção (direita e esquerda) terem sido relatados pelos usuários mais de 100 vezes cada ao descreverem a rota que realizaram, é possível concluir que sem um ponto de referência associado, como foi o método apresentado no cenário 2, eles são insuficientes. Portanto a descrição deve usar as indicações de direção em conjunto com os MR, e com os POI. Quando os participantes realizaram a rota que finalizava em um MR a biblioteca foi mais memorável do que quando a rota chegava em um POI, o elevador. Raramente os usuários utilizam os pontos cardeais em suas descrições, mas foi o cenário que obteve menor tempo de execução médio, apesar de possuir o menor tempo de execução foi o segundo cenário com menor taxa de conclusão adequada, nele 40% dos participantes não chegaram ao destino correto.

Portanto, olhando de forma geral os resultados encontrados, é possível afirmar que as melhores descrições de rota são as que contém algum tipo de ponto de referência e o pior cenário é o que contém apenas informações espaciais de direita e esquerda.

5 PROPOSIÇÃO DE EXTENSÃO INDOORGML

Os resultados obtidos nos testes apresentados na seção anterior apontam que os SRP, sejam eles MR ou POI, são utilizados pelos usuários frequentemente e os auxiliam nas tarefas de navegação seja através da descrição de rota, a simbologia quando empregada de forma a destacar os elementos principais do ambiente também dão suporte a orientação e navegação dos usuários pelo ambiente, pois facilita a relação do ambiente apresentado no mapa com o ambiente real. Os elementos indicados como mais importantes são os que possuem maior destaque no ambiente, ou seja, os MR. Entretanto, devido a quantidade de elementos presente no ambiente, os POI também podem ser considerados relevantes, principalmente em ambientes que não possuem MR. Baseado nessas informações a proposição da extensão do IndoorGml é realizada, nas seções seguintes deste documento.

5.1 ELEMENTOS ESSENCIAIS DOS SRP

No ambiente *indoor* diversos elementos ou locais podem ser considerados como um SRP, sendo que os elementos podem ser diferentes dependendo do tipo do ambiente, Sarot (2020) apresenta a diferença entre os SRP em um ambiente educacional e cultural. Além do tipo de ambiente influenciar quais elementos são SRP, a configuração do ambiente também exerce influência, por exemplo, em um prédio com apenas dois andares um elevador não é tão notado quanto em um prédio de 5 andares (ANTUNES, 2016).

Um SRP possui elementos que são essenciais e que os tornam diferenciáveis, como identificadores e etiquetas. Normalmente um SRP descreve um local onde se pode encontrar qualquer entidade que pode ser identificada pelo nome e caracterizada pelo tipo, ou localização. Na sequência são descritos os elementos Identificador, Etiqueta, Localização, Navegabilidade e Categoria, que são considerados como essenciais de acordo com a OGC (2020), como complemento propõem-se que o tipo de SRP e características físicas sejam contemplados.

1) Identificador

É o elemento que torna o SRP um elemento único permitindo diferenciá-lo dos demais e pode ser representado por uma sequência de caracteres alfanuméricos ou

numéricos. Por exemplo, dentro de um edifício é possível encontrar mais de um mesmo elemento, como os banheiros, o identificador serve para diferenciar cada um deles.

2) Etiqueta

É o elemento pelo qual o SRP pode ser chamado ou denominado, sendo possível que um mesmo SRP tenha mais de uma etiqueta. É representado de forma textual com o nome do ambiente ou da estrutura e deve ter um significado em linguagem natural. Por exemplo, Laboratório de Física, Cantina ou Elevador

3) Localização

Em geral, a localização de um SRP é expressa através de um ponto ou geometria que o ambiente ocupa.

4) Navegabilidade

Um SRP pode ser classificado como navegável ou não navegável, de acordo com as suas características. Por exemplo, um caixa eletrônico é um elemento do ambiente *indoor* não navegável, pois não é possível passar através dele. Já uma biblioteca é um SRP navegável por ser um local onde uma pessoa pode transitar.

5) Categoria

A categoria está relacionada com a funcionalidade do SRP. Por exemplo, os ambientes podem ser categorizados como Ensino e incluir Salas de aula e Laboratórios.

A FIGURA 46 apresenta diferentes tipos de categorização empregados quando se trata de ambientes *indoor*. A categorização visa organizar, agrupar e facilitar a representação dos SRP. Uma análise foi realizada utilizando as categorizações apresentadas pela ESRI, pela OGC e na pesquisa de Lida et al. (2015) e baseado nessas três categorizações, definiu-se a categorização dos ambientes considerados pontos de referência nesta pesquisa.

FIGURA 46 - TIPOS DE CATEGORIZAÇÃO



FONTE: O autor (2021)

a. Categorização da ESRI

A categorização criada pela ESRI apresenta quatro categorias, sendo:

Locais + Coisas: locais não comerciais dentro (ou fora) de uma instalação. Podem ser caixas eletrônicos, auditórios, banheiros, elevadores ou outros tipos de uso. Isso também pode incluir fontes, peças de arte ou outros pontos de referência que as pessoas possam querer encontrar.

Varejo + Serviços: indica locais onde se pode comprar bens ou serviços, ou fazer outras transações financeiras. Os exemplos incluem postos de gasolina, lojas, restaurantes ou caixas eletrônicos.

Segurança + Segurança: indica equipamentos de primeiros socorros, saídas e outros recursos de emergência ou relacionados à segurança estão localizados, como os equipamentos de incêndio.

Eventos: são SRP ativados de forma momentânea, geralmente têm uma hora de início, hora de término e algumas informações descritivas sobre o tipo de evento, por exemplo uma feira.

Na descrição acima é possível notar que em duas categorias, na de Locais + coisas e Varejo + Serviços, é apresentado como exemplo o mesmo elemento, os caixas eletrônicos, portanto os SRP podem fazer parte de mais de uma categoria.

b. Categorização de LIDA et al., (2015)

A categorização dos pontos de referência realizados por Lida et al. (2015), consiste em 5 classes, sendo:

Conveniência: lojas, cafeterias, restaurantes.

Sinal: placas de direção ou advertência

Equipamento: máquinas de venda e caixas eletrônicos

Arte: composta por monumentos, estátuas e peças de arte em geral

Topografia: escadas, encruzilhadas

c. Categorização da OGC (2020)

No Documento de Discussão da OGC (2020), os seguintes itens são considerados os tipos básicos de categoria quando se trata de elementos construídos, entretanto nem todas as categorias apresentadas são pertinentes quando se aborda os SRP *indoor*. A seguir todas as categorias apresentadas pela OGC (2020) são descritas:

Complexos: descreve um projeto em termos gerais. Pode ser uma casa particular com jardim, garagem, depósito de ferramentas, ou pode ser um campus universitário com edifícios para palestras, administração, esporte, residências. Redes ferroviárias e aeroportos também são exemplos de complexos.

Entidades: são coisas distintas como edifícios, pontes, túneis, etc. Elas fornecem as áreas onde ocorrem diferentes atividades. Exemplo, um restaurante.

Espaços e locais: Os espaços de construção são fornecidos para a realização de várias atividades. Em alguns casos, um espaço só é adequado para uma atividade específica, por exemplo uma cozinha, mas um ginásio pode ser usado para uma feira, almoços, campeonatos esportivos, concertos e apresentações .

Atividades: define quais atividades do usuário são acomodadas no complexo, entidade ou espaço. Por exemplo, um complexo prisional fornece uma atividade de detenção de alto nível, mas também pode ser dividida em atividades individuais como locais para fazer exercícios, dormir, comer, trabalhar.

Elementos e funções: Os elementos são os componentes principais de um edifício (pisos, paredes e tetos) ou de uma estrutura como uma ponte (fundações, pilares). As funções são os serviços de construção de fornecimento e gestão.

Sistemas: Sistemas são coleções de produtos, por exemplo, um sistema para um telhado inclinado de madeira inclui membros estruturais de madeira, placas, fixações.

Produtos: Os produtos individuais usados para construir um sistema podem ser especificados, por exemplo, cabides de vigas, telhas de mosaico, caldeiras a gás.

Eventos: são dados relacionados a algo que acontece e associados a um espaço / local, como anúncio, aviso prévio, acidentes e informações de interrupção.

Agentes: são objetos ou pessoas que participaram de um espaço *indoor* com uma função específica, como robôs de entrega autônomos, faxineiros e empregadores.

Dentre as três classificações apresentadas a da OGC é a que possui mais categorias, entretanto por ser uma classificação de ambientes construídos ela possui categorias que não se enquadram especificamente para os ambientes *indoor*, por exemplo Elementos e funções, Sistemas e Produtos estão relacionados com os componentes e materiais de construção do ambiente. Também é possível notar que nas três classificações algumas categorias são similares, porém com nomenclatura diferente, por exemplo, “Varejo + Serviço”, “Conveniência” e “Entidade”, todas contém áreas para a realização de uma atividade específica, como uma loja, restaurante ou auditório.

Após a análise das categorizações apresentadas e dos elementos empregados nesta pesquisa como sendo SRP, a TABELA 16 apresenta as categorias que englobam esses elementos.

TABELA 16 – AMBIENTES INDOOR E CATEGORIAS

Elementos	SRP	Categoria
Banheiro	POI	Locais e Conveniência
Biblioteca	MR	Locais e Conveniência
Cantina	MR	Locais e Conveniência
Corredor Suspenso	MR	Topografia/Estrutura
Elevador	POI	Topografia/Estrutura
Equipamento de incêndio	POI	Segurança
Escada	POI	Topografia/Estrutura
Papelaria	MR	Locais e Conveniência
Porta do edifício	POI	Segurança

FONTE: O autor (2021)

Conveniência: São os locais que possuem uma finalidade específica. Como Banheiro, Biblioteca, Cantina.

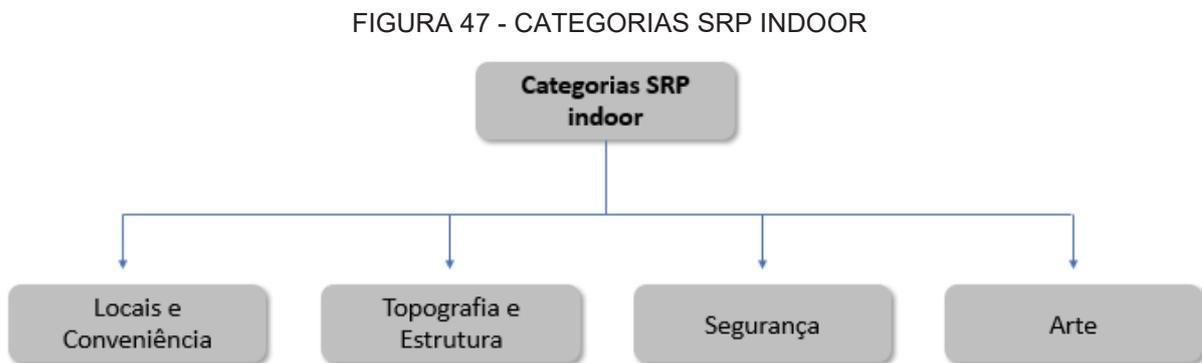
Topografia/Estrutura: São elementos que compõem a arquitetura do ambiente, como escadas, elevadores, corredor suspenso.

Segurança: Composto por elementos que não são navegáveis, como equipamentos de segurança, extintores de incêndio e as portas de saída ou entrada dos prédios.

Analisando os SRP apresentados na área de estudo desta pesquisa as categorias acima descritas seriam suficientes para abranger todos os elementos, entretanto ao analisar as demais categorizações apresentadas, nota-se que a categoria de Arte deve ser inserida para englobar elementos específicos.

Arte: monumentos, estátuas e peças de arte notáveis.

A FIGURA 47 apresenta as categorias estabelecidas.



FONTE: O autor (2021)

6) Atributos SRP

Este elemento faz referência ao tipo de SRP, se ele é um Marco de referência ou um Ponto de Interesse no ambiente indoor.

5.2 MODELO DE ESPAÇO ESTRUTURADO

IndoorGML fornece um modelo de dados padrão para espaço *indoor* com dois modelos espaciais. O Espaço Euclidiano representa a forma de um espaço celular tridimensional (3D); O Espaço de Topologia representa a conectividade entre os espaços de células. A topologia representa uma transformação de dualidade do espaço da célula 3D e é um componente essencial para navegação interna e sistema de roteamento. Ao aplicar uma transformação de dualidade, as células 3D no espaço primal são mapeadas para nós (0D) no espaço dual. As relações topológicas de adjacência entre células 3D são transformadas em arestas (1D) ligando pares de nós no espaço dual.

Entretanto, quando abordamos os pontos de referência *indoor* é preciso levar em conta o tipo do elemento, pois ele pode ser um ambiente que já é contemplado pelo modelo de dados do IndoorGML por ser um ambiente navegável, como uma sala de aula, um corredor, uma biblioteca ou um elevador. Mas os pontos de referência também podem ser elementos não navegáveis, como um equipamento de incêndio ou um caixa eletrônico, ou seja, esse elemento está contido dentro de um ambiente. A FIGURA 48 apresenta um exemplo de ambiente navegável e não navegável em um edifício.

FIGURA 48 - EXEMPLOS DE SRP EM UM EDIFÍCIO

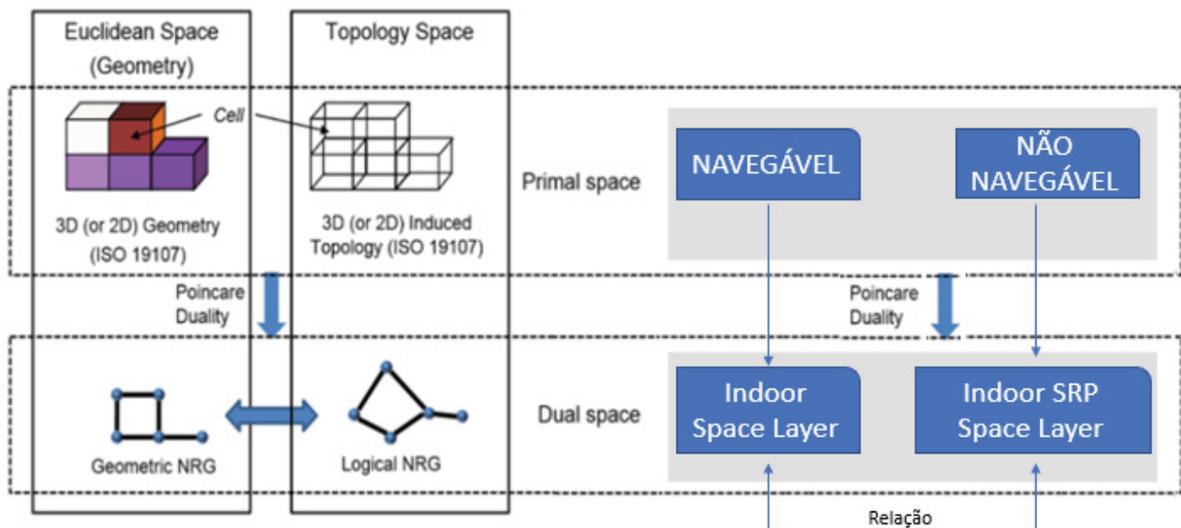


FONTE: O autor (2021)

O IndoorGML utiliza um modelo de rede para navegação e expressa as relações de conectividade entre os espaços das células. Os nós da rede interna representam salas, corredores, portas, elevadores e escadas. As bordas da rede interna representam as relações topológicas entre entidades espaciais internas e podem indicar os caminhos do movimento de pedestres entre os nós de um edifício. Portanto, o ponto de referência que é um ambiente com espaço navegável possui um nó gerado no IndoorSpaceLayer (

FIGURA 49), já para o ponto de referência não navegável propõem-se que seja criado por outro SpaceLayer, no caso o IndoorSRP.

FIGURA 49 - PROPOSTA DE MODELO ESTRUTURADO



FONTE: O autor (2021)

Assim, cada elemento do ambiente possui um nó específico. Caso todos os nós fossem gerados dentro do IndoorSpaceLayer um problema seria criado, pois não seria possível apresentar um nó dentro do outro. Dessa forma o nó é gerado pelo SpaceLayer do SRP e as informações do SRP são agregadas ao ambiente que o elemento pertence, ou seja, ao nó do ambiente, pois os dois SpaceLayer estão relacionados. Um exemplo do caso citado é a ocorrência de um extintor dentro de uma biblioteca, os dois pontos de referência são nós distintos, mas estão no mesmo local.

A FIGURA 50 apresenta um exemplo prático de como o modelo funciona, no ambiente existe um extintor (não navegável) que fica na parede de um corredor (

navegável) o outro elemento em destaque é um elevador (navegável). As informações do SRP extintor são agregadas ao nó do corredor, e as informações do SRP elevador são agregadas diretamente ao nó do elevador. A agregação de informações é realizada pela união dos SpaceLayers.

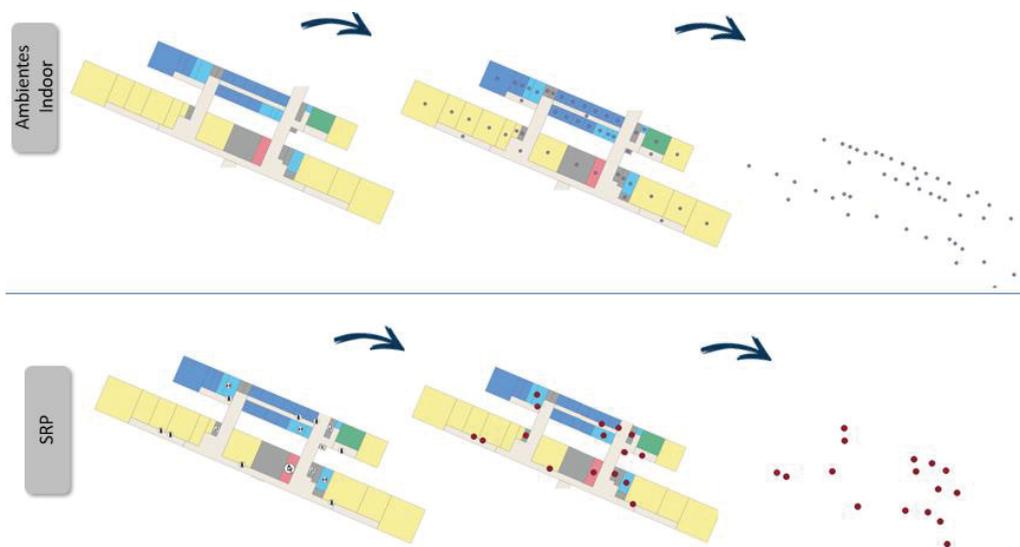
FIGURA 50 - INTEGRAÇÃO INDOOR E SRP



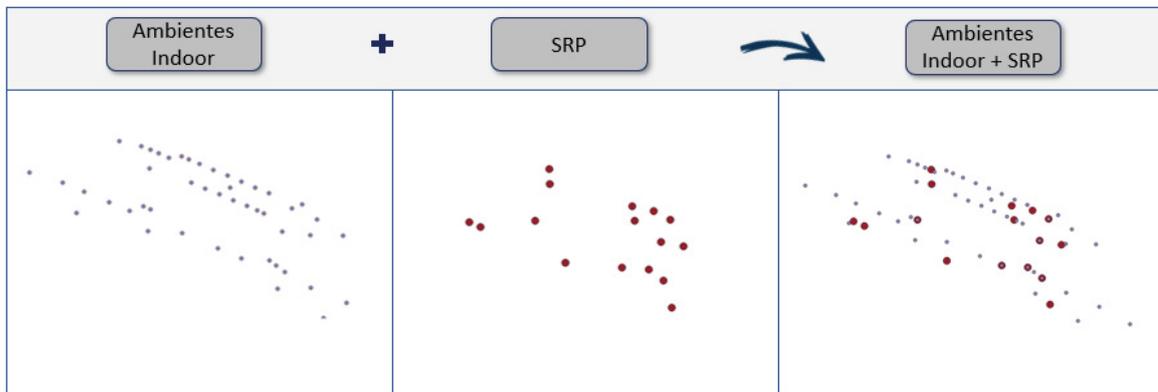
FONTE: O autor (2021)

Portanto, cada ambiente possui seu nó gerado no SpaceLayer Indoor e cada ponto de referência possui seu nó gerado pelo SpaceLayer SRP, como apresentado na FIGURA 51. Como os SpaceLayer são conectados é possível a união desses elementos e a troca de informações entre eles FIGURA 52

FIGURA 51 – DUAL SPACE



FONTE: O autor (2021)

FIGURA 52 - INTEGRAÇÃO DOS AMBIENTES *INDOOR* COM OS SRP

FONTE: O autor (2021)

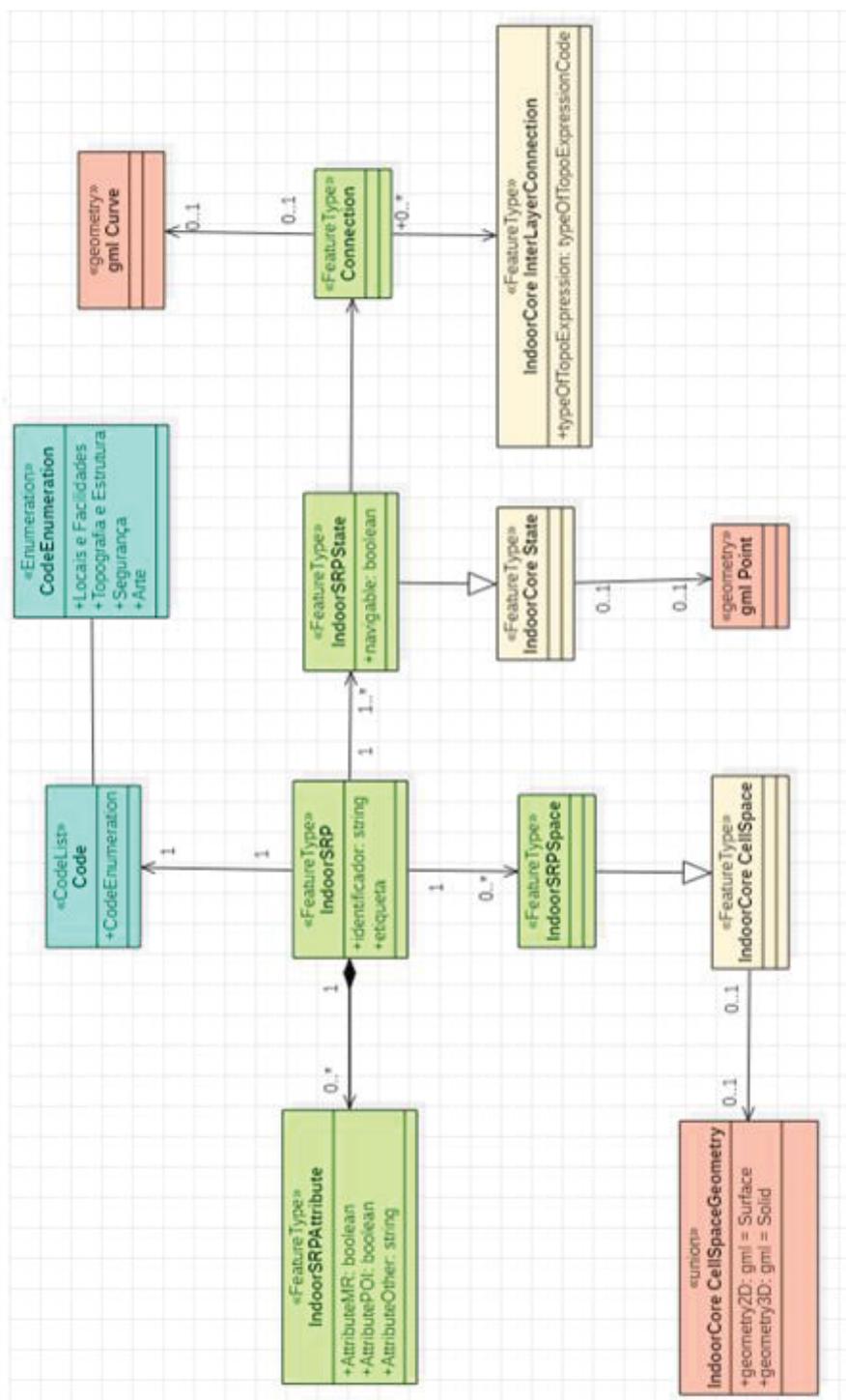
5.3 MÓDULO DE EXTENSÃO

Por uma questão de extensibilidade o IndoorGML é dividido em um módulo central e extensões que têm uma dependência obrigatória do núcleo. Portanto, o modelo de dados IndoorGML é decomposto tematicamente em um módulo Core e módulos de extensão temáticos. O módulo principal compreende o conceito básico e cada módulo de extensão cobre um campo temático específico, como aplicações de navegação (por exemplo, pedestres ou robôs). Cada módulo IndoorGML é especificado por um arquivo de definição de Esquema XML. De acordo com as relações de dependência entre os módulos, cada módulo pode, além disso, importar *namespaces* associados a outros módulos do IndoorGML (OGC, INDOORGML).

Uma vez que IndoorGML fornece não apenas um modelo de dados espaciais *indoor* padrão, mas também um formato para troca de dados, ele define um esquema XML de aplicativo baseado em GML 3.2.1, além do Diagrama de classes UML. O diagrama de classes UML expressa um esquema XML, que define a estrutura de dados XML para IndoorGML. Como visto na seção 2.1.4.2 o módulo inclui quatro tipos básicos: State, Transition, CellSpace e CellSpaceBoundary. Enquanto CellSpace e CellSpaceBoundary pertencem às unidades básicas do espaço primário indoor; State e Transition correspondem a CellSpace e CellSpaceBoundary do espaço dual para a topologia de conectividade de espaço celular *indoor*.

O diagrama UML representado na FIGURA 53 apresenta o modelo de dados do módulo IndoorPR com base no módulo principal IndoorGML. O módulo IndoorSRP consiste em seis classes: IndoorSRP, IndoorSRPState, IndoorSRPAttribute, IndoorSRPSpace, Connection e Code.

FIGURA 53 – DIAGRAMA UML



A seguir cada uma das classes que compõem o módulo IndoorSRP são descritas:

a. IndoorSRP

A classe IndoorSRP é o elemento principal no módulo IndoorSRP que representa um recurso SRP no espaço *indoor*. Possui quatro atributos de identificador, etiqueta, categoria e atributos. Os atributos identificador e etiqueta, são utilizados para identificar o SRP e nomear o ambiente, respectivamente. O atributo de categoria representa as categorias que o SRP pertence, que podem ser Locais e Conveniência, Topografia e Estrutura, Segurança e Arte. A seguir o XML da classe é apresentado:

```
<xs:element name="IndoorSRP" type="IndoorSRPType" substitutionGroup="gml:AbstractFeature"/>
<xs:complexType name="IndoorSRPPROPERTYType">
  <xs:sequence minOccurs="0">
    <xs:element ref="IndoorSRP"/>
  </xs:sequence>
  <xs:attributeGroup ref="gml:AssociationAttributeGroup"/>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="IndoorSRPType">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="gml:AbstractFeatureType">
      <xs:sequence>
        <xs:element name="identificador" type="xs:string"/>
        <xs:element name="etiqueta" type="xs:string" maxOccurs="unbounded"/>
        <xs:element name="localizacao" type="IndoorSRPStatePropertyType" maxOccurs="unbounded"/>
        <xs:element name="categoria" type="SRPCodeType"/>
        <xs:element name="atributos" type="IndoorSRPAttributePropertyType" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
      </xs:sequence>
      <xs:attributeGroup ref="gml:AggregationAttributeGroup"/>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>
```

b. IndoorSRPState

Classe empregada para representar a localização de um SRP, por isso possui um atributo geometry derivado da classe State e possui uma instância gml: Point. A seguir o XML da classe é apresentado:

```
<xs:element name="IndoorSRPState" type="IndoorSRPStateType" substitutionGroup="IndoorCore:State"/>

<xs:complexType name="IndoorSRPStatePropertyType">
  <xs:sequence minOccurs="0">
    <xs:element ref="IndoorPOIState"/>
  </xs:sequence>
  <xs:attributeGroup ref="gml:AssociationAttributeGroup"/>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="IndoorSRPStateType">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="IndoorCore:StateType">
      <xs:sequence>
        <xs:element name="navigable" type="xs:boolean"/>
      </xs:sequence>
      <xs:attributeGroup ref="gml:AssociationAttributeGroup"/>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>
```

c. IndoorSRPSpace

A classe IndoorSRPSpace é uma classe herdada da classe CellSpace do núcleo principal do IndoorGML, e serve para representar o espaço interno ocupado por um SRP. Entretanto ele representa a existência do SRP, mas não descreve geometria como um todo. A seguir o XML da classe é apresentado:

```
<xs:element name="IndoorSRPSpace" type="IndoorSRPSpaceType" substitutionGroup="IndoorCore:CellSpace"/>

<xs:complexType name="IndoorSRPSpacePropertyType">
  <xs:sequence minOccurs="0">
    <xs:element ref="IndoorSRPSpace"/>
  </xs:sequence>
  <xs:attributeGroup ref="gml:AssociationAttributeGroup"/>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="IndoorSRPSpaceType">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="IndoorCore:CellSpaceType">
```

```

        <xs:attributeGroup ref="gml:AssociationAttributeGroup"/>
    </xs:extension>
</xs:complexContent>
</xs:complexType>

```

d. Connection

A classe Connection é uma subclasse de InterLayerConnection do IndoorGML para especificar uma relação topológica entre uma posição de um SRP (IndoorPRState) e um espaço *indoor* (State). A seguir o XML da classe é apresentado:

```

<xs:element name="Attachment" type="AttachmentType" substitutionGroup="IndoorCore:InterLayerConnection"/>

```

```

<xs:complexType name="AttachmentPropertyType">
    <xs:sequence minOccurs="0">
        <xs:element ref="Attachment"/>
    </xs:sequence>
    <xs:attributeGroup ref="gml:AssociationAttributeGroup"/>
</xs:complexType>

```

```

<xs:complexType name="AttachmentType">
    <xs:complexContent>
        <xs:extension base="IndoorCore:InterLayerConnectionType">
            <xs:sequence>
                <xs:element name="inState" type="IndoorCore:StatePropertyType" />
            </xs:sequence>
            <xs:element name="srpState" type="IndoorSRPStatePropertyType" />
            <xs:element name="pathGeometry" type="gml:CurvePropertyType" minOccurs="0"/>
        </xs:extension>
    </xs:complexContent>
</xs:complexType>

```

d. Code

Code é uma lista de códigos para classificar o tipo funcional do SRP, conforme as categorias de SRP *indoor* que foram definidas anteriormente. A seguir o XML da classe é apresentado:

```

<xs:simpleType name="CodeType">
    <xs:union memberTypes="POICodeEnumerationType POICodeOtherType"/>
</xs:simpleType>

```

```

<xs:simpleType name="POICodeEnumerationType">
  <xs:restriction base="xs:string">
    <xs:enumeration value="Locais e Conveniência"/>
    <xs:enumeration value="Topografia e Estrutura"/>
    <xs:enumeration value="Seguranca"/>
    <xs:enumeration value="Arte"/>
  </xs:restriction>
</xs:simpleType>
<xs:simpleType name="POICodeOtherType">
  <xs:restriction base="xs:string"/>
</xs:simpleType>

```

e. IndoorSRPAttribute

IndoorSRPAttribute é usado para descrever as propriedades dos SRP que são necessárias para o gerenciamento dos aplicativos, dividindo os elementos em MR ou POI. E também permitem a inclusão de qualquer outro tipo de atributo referente ao elemento, como cor ou tamanho. A seguir o XML da classe é apresentado:

```

<xs:element name="IndoorSRPAttribute" type="IndoorSRPAttributeType"/>

<xs:complexType name="IndoorSRPAttributePropertyType">
  <xs:sequence minOccurs="0">
    <xs:element ref="IndoorSRPAttribute"/>
  </xs:sequence>
  <xs:attributeGroup ref="gml:AssociationAttributeGroup"/>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="IndoorPOIAttributeType">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="gml:AbstractFeatureType">
      <xs:sequence>
        <xs:element name="attributeMR" type="xs:boolean"/>
        <xs:element name="attributePOI" type="xs:boolean"/>
        <xs:element name="attributeOther" type="xs:anyType" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
      </xs:sequence>
      <xs:attributeGroup ref="gml:AggregationAttributeGroup"/>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>

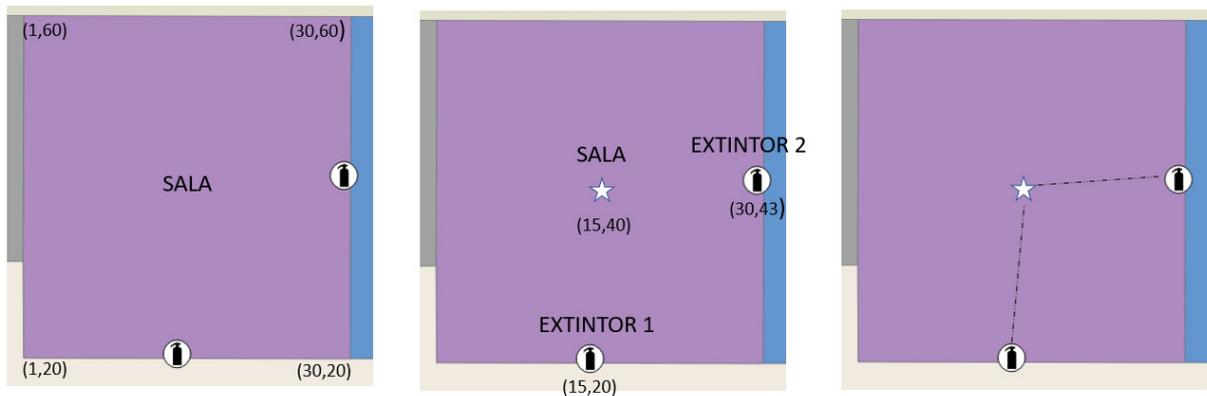
```

5.4 CASO DE USO

Visando compreender melhor como o módulo de extensão proposto se integra com o núcleo do *IndoorGML*, a seguir um caso de uso é apresentado, utilizando uma sala que é o ambiente indoor que contém elementos no seu interior que são considerados pontos de referência, os extintores.

A FIGURA 54 apresenta a planta baixa de uma sala com as coordenadas dos quatro vértices da geometria do ambiente, eles são necessários pois a classe *Connection* que herda a classe *InterLayerConnection*, faz a conexão entre as camadas topográficas presentes no *IndoorGML* e o *IndoorSRP* que contém as informações dos pontos de referência. Sendo assim, a classe *InterLayerConnection* fica responsável por estabelecer qual o relacionamento espacial entre os elementos, ou seja, é essa classe que identifica se o SRP está dentro do espaço topográfico. Assim como a classe *InterLayerConnection* outras classes do módulo principal do *IndoorGML* também são utilizadas ao realizar a integração com o *IndoorSRP*.

FIGURA 54 - CASO DE USO



FONTE: O autor (2021)

A seguir o XML do caso de estudo é apresentado:

```
gml:FeatureCollection xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml/3.2"
  xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
  xmlns:core="http://www.opengis.net/indoorgml/1.0/core"
  xmlns:navi="http://www.opengis.net/indoorgml/1.0/navigation"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/indoorgml/1.0/core http://schemas.opengis.net/indoorgml/1.0/indoorgmlcore.xsd
```

```

<gml:featureMembers>
  <core:IndoorFeatures gml:id="IFs">
    <core:primalSpaceFeatures>
      <core:PrimalSpaceFeatures gml:id="PSs">
        <core:cellSpaceMember>
          <core:CellSpace gml:id="CS1">
            <gml:name>SALA</gml:name>
            <core:cellSpaceGeometry>
              <core:Geometry2D>
                <gml:Polygon>
                  <gml:exterior>
                    <gml:LinearRing>
                      <gml:posList> 1 60 1 20 30 20
30 60 1 60
                    </gml:posList>
                  </gml:LinearRing>
                </gml:exterior>
              </gml:Polygon>
            </core:Geometry2D>
          </core:cellSpaceGeometry>
          <core:duality xlink:href="#S1"/>
        </core:CellSpace>
      </core:cellSpaceMember>
      <core:cellSpaceMember>
        <IndoorSRPSpace gml:id="IPS1">
          <gml:name>EXTINTOR1</gml:name>
          <core:cellSpaceGeometry>
            <core:Geometry2D>
              <gml:Point>
                <gml:exterior>
                  <gml:pos> 15 20
                  </gml:pos>
                </gml:exterior>
              </gml:Point>
            </core:Geometry2D>
          </core:cellSpaceGeometry>
          <core:duality xlink:href="#IPL1"/>
        </IndoorSRPSpace>

      </core:cellSpaceMember>
    </core:PrimalSpaceFeatures>
  </core:primalSpaceFeatures>
  <core:multiLayeredGraph>
    <core:MultiLayeredGraph gml:id="MLG1">
      <core:spaceLayers>
        <core:spaceLayerMember>
          <core:SpaceLayer gml:id="SL_Topology">
            <core:nodes>
              <core:stateMember>

```

```

        <core:State gml:id="S1">
          <core:duality xlink:href="#CS1"/>
          <core:geometry>
            <gml:Point>
              <gml:pos> 15 40 </gml:pos>
            </gml:Point>
          </core:geometry>
        </core:State>
      </core:stateMember>
    </core:nodes>
  </core:SpaceLayer>
</core:spaceLayerMember>
</core:spaceLayers>
<core:spaceLayers>
  <core:spaceLayerMember>
    <core:SpaceLayer gml:id="SL_SRP">
      <core:nodes>
        <core:stateMember>
          <IndoorSPRState gml:id="IPL1">
            <core:duality xlink:href="#IPS1"/>
            <core:geometry>
              <gml:Point>
                <gml:pos> 15 20 </gml:pos>
              </gml:Point>
            </core:geometry>
            <navigable>false</navigable>
            <poi xlink:href="#IP1"/>
            <attached xlink:href="#AT1"/>
          </IndoorSPRState>
        </core:stateMember>
      </core:nodes>
    </core:SpaceLayer>
  </core:spaceLayerMember>
</core:spaceLayers>
<core:interEdges>
  <core:interLayerConnectionMember>
    <Connection gml:id="AT1">
      <core:typeOfTopoExpression>CONTAINS</core:type
OfTopoExpression>
      <core:interConnects xlink:href="#S1"/>
      <core:interConnects xlink:href="#IPL1"/>
      <core:ConnectedLayers xlink:href="#SL_Topology
"/>
      <core:ConnectedLayers xlink:href="#SL_SRP"/>
      <inState xlink:href="#S1"/>
      <SRPState xlink:href="#IPL1"/>
    </Connection>
  </core:interLayerConnectionMember>
</core:interEdges>

```

```

        </core:MultiLayeredGraph>
    </core:multiLayeredGraph>
</core:IndoorFeatures>
<IndoorSRP gml:id="IP1">
    <identificador>E1</identificador>
    <etiqueta>Extintor</etiqueta>
    <categoria>Segurança</category>
    <localizacao xlink:href="#IPL1"/>
    <attributeMR>false</attributeMR>
    <attributePOI>true</attributePOI>
</IndoorSRP>
</gml:featureMembers>
</gml:FeatureCollection>

```

O caso apresentado é um típico espaço que contém um problema de sobreposição de elementos, pois os extintores estão dentro do ambiente sala. De acordo com a os padrões IndoorGML não é permitido que a instância de CellSpace pertencente à mesma instância de SpaceLayer se sobreponham. Portanto os extintores não podem ser definidos como instância da classe CellSpace do IndoorGML juntamente com a sala a qual pertencem. Entretanto, como apresentado, o módulo proposto nesta pesquisa IndoorSRP resolve esse problema criando diferentes instâncias de SpaceLayer e utilizando o InterLayerConnection para realizar a conexão entre os elementos.

6 CONCLUSÃO

Nesta pesquisa, por meio de questionários e da realização de tarefas online de orientação e navegação espacial no ambiente indoor, buscou-se avaliar como os pontos de referência impactam na percepção espacial dos usuários, ao empregar esses elementos nos sistemas de navegação indoor na representação e na descrição de rotas.

Ao investigar se a representação diferenciada para os pontos de referência é mais eficiente quando comparada à simbologia que não evidencia os pontos de referência, notou-se que os símbolos pictóricos foram os mais citados nos testes, portanto conclui-se que os símbolos pictóricos são vistos primeiro, pois são fáceis de serem decodificados e lembrados quando comparados com símbolos geométricos, que por sua vez, apresentam-se de difícil decodificação, exigindo consultas

constantes à legenda do mapa. Porém, a disposição e localização dos símbolos, pode fazer determinado elemento se destacar mais do que outros, ou seja, quando há um agrupamento de símbolos devido à proximidade ou similaridade dos elementos, eles podem ser evidenciados.

Portanto, o uso de símbolos pictóricos empregados na representação, juntamente com símbolos geométricos geraram uma hierarquia visual, sendo que os símbolos pictóricos foram os que mais chamaram a atenção e ficaram retidos na memória dos participantes. Concluímos então, que a utilização de simbologias distintas combinadas é uma técnica eficiente e que deve ser empregada somente quando há a necessidade de se destacar determinados elementos. No entanto, também é preciso analisar como os próprios pontos de referência podem ser diferenciados entre si.

Para avaliar como os pontos de referência impactam na percepção espacial dos usuários, ao empregar esses elementos na descrição de rotas, quatro distintos cenários com tipos de descrições de rota diferentes foram empregados nesta pesquisa. Os cenários foram divididos em descrições contendo apenas informações métricas, contendo relação espacial, relação espacial e MR, e o último com relação espacial, MR e POI;

Concluiu-se dessa etapa da pesquisa que os cenários que possuem algum tipo de ponto de referência foram os cenários nos quais os usuários tiveram maior taxa de sucesso ao chegar até o destino final. O cenário que apresentou os piores resultados, tendo o maior índice de rotas que não foram concluídas, são as rotas traçadas utilizando a descrição que contém apenas indicações de relação espacial.

A maioria dos participantes afirmou que a inserção de pontos de referência na descrição da rota tem uma capacidade alta ou muito alta de auxiliar na rota. Além disso, os pontos de referência serviram de auxílio aos participantes que se perderam, pois mesmo percorrendo parte do trajeto de forma errônea, graças aos elementos de referência eles conseguiram retornar para a rota, o que ressalta a importância desses elementos.

Destaca-se que os elementos mais recorrentes nas descrições realizadas pelos usuários foram: Biblioteca, Cantina, Papelaria e Passarela, que são marcos de referência, Banheiro, Escada e Extintor, que são considerados como pontos de

interesse. Os POI podem ser mais memoráveis devido à alta quantidade de elementos presentes no ambiente/representação.

Portanto, de forma geral os resultados obtidos nas avaliações realizadas apontam que os SRP, sejam eles MR ou POI, são utilizados pelos usuários de forma significativa e os auxiliam nas tarefas de navegação através da descrição de rota. E a simbologia quando empregada de forma a destacar os elementos principais do ambiente também dão suporte a orientação e navegação dos usuários pelo ambiente, pois facilita a relação do ambiente apresentado no mapa com o ambiente real.

Portanto, os testes realizados apontaram que o emprego de pontos de referência melhora a qualidade das rotas e a memorabilidade do usuário, sendo benéfico para a compreensão do ambiente, posicionamento e navegação. Baseado nessas informações e na importância dos pontos de referência a proposição de extensão do IndoorGML foi realizada, pois apesar do IndoorGML fornecer ampla definição sobre a estrutura dos espaços *indoor*, os pontos de referência estão fora do escopo. A ausência de informações desses elementos no espaço *indoor* acarreta na limitação de implementação e usabilidade do padrão.

A proposição foi realizada e aplicada em um caso de uso, o caso apresentado apontou que o módulo proposto nesta pesquisa resolve o principal problema quando se trata de pontos de referência, que são elementos que se encontram contidos em um ambiente, como não é possível que os dois estejam no mesmo SpaceLayer, o modelo proposto cria diferentes instâncias de SpaceLayer e utiliza o InterLayerConnection para realizar a conexão entre os elementos.

Dados *indoor* com propriedades bem definidas e em um formato padrão são essenciais para evitar reconstrução e remodelação de dados dependendo da aplicação de interesse. Espera-se que o modelo semântico do espaço *indoor* proposto como uma extensão de IndoorGML permita que tanto a parte semântica quanto a geométrica dos dados a serem capturados sejam agrupados em um modelo único. Entretanto, é necessário a construção de um estudo de caso completo que seja mais abrangente em termos de diferentes tipos de uso de ambientes, com o objetivo de ajustar quaisquer deficiências do modelo proposto.

Devido às condições de execução dos testes, que precisaram ser remotos às custas da pandemia, algumas ações se tornaram impraticáveis, por exemplo, para

compreender se o participante escolheu determinado símbolo, pois o percebeu de forma consciente, inconsciente ou aleatoriamente, seria aconselhável a aplicação de um *think aloud* durante os testes. Além disso, recomenda-se que os testes executados sejam realizados com a manipulação do sistema de navegação no ambiente real, para ver as dificuldades apresentadas pelos usuários ao utilizar os sistema.

Também é recomendado que os participantes sejam divididos em grupos e as análises dos resultados sejam realizadas separadas, pois os que possuem mais familiaridade com sistemas de navegação tem um modelo mental diferente dos demais. Isso pode ser notado com os participantes que descreveram as rotas usando apenas orientação de segmentos sem citar pontos de referência.

Recomenda-se ainda realizar e avaliar o teste de percepção isoladamente do teste de navegação, pois pode influenciar na contagem dos símbolos ao misturar a percepção dos símbolos com a sua posição no mapa. Além disso, sugere-se realizar testes mais robustos para verificar a validade estatística dos resultados obtidos.

Como a representatividade de um ponto de referência pode variar por grupo de usuário (professor, aluno, visitante esporádico) eles podem ter importâncias distintas para uso na navegação para grupos diferentes de usuários. Sendo assim, como sugestão, indica-se avaliar o cenário que emprega MR+POI em diferentes grupos, para determinar se a densidade de informação pode sobrecarregar o usuário ou se a baixa relevância de determinados elementos atrapalha.

E por fim, recomenda-se a aplicação de casos de uso com diferentes cenários para uma validação mais robusta da proposição de extensão realizada para o IndoorGML.

7 REFERÊNCIAS

3DMovRa. La plataforma 3DMovRA. Disponível em: <<http://3dmovra.usal.es/index.html%3Fq=node%252F3.htm>>. Acesso em: 15 mar. 2021.

AGRAWALA, M.; STOLTE, C. Rendering effective route maps: Improving Usability Through Generalization. **Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques (SIGGRAPH '01)**, v. 1, p. 241-249, 2001.

ALATTAS, A.; ZLATANOVA, S.; VAN OOSTEROM, P.; CHATZINIKOLAOU, E.; LEMMEN, C.; LI, K.J. Supporting *indoor* navigation using access rights to spaces based on combined use of IndoorGML and LADM Models. **I SRPS International Journal of Geo-Information**. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/ijgi6120384>>. Acesso em: 05 jun. 2019.

ANDRADE, A. F.; SLUTER, C. R. Avaliação de Símbolos Pictóricos em Mapas Turísticos. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 242-261, abr./jun. 2012.

ANDRADE, A. F. **A Gestalt na avaliação da simbologia pictórica com base em tarefas de leitura de mapas**. p. 235, 2014. Disponível em: <<http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/36079/R - T - ANDREA FARIA ANDRADE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 25 mar. 2021

ANDRADE, M. L. V. X. DE; RUSCHEL, R. C. Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC, 2009. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, 4(2). Disponível em: <<https://doi.org/10.4237/gtp.v4i2.102>>. Acesso em: 05 jun. 2019.

ANTUNES, A. P. Avaliação de pontos de referência com uso de QR-Code para posicionamento em ambiente *indoor*. Tese de Mestrado – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

ANTUNES, A. P.; DELAZARI, L. S. Landmarks evaluation with use of qr-code for positioning *indoor* environment. **Boletim das Ciências Geodésicas**, v.25(4), e2019024, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-21702019000400202&tlng=en>. Acesso em: jan.2020.

ARIZONA. Disponível em: <https://map.arizona.edu//72-100A> Acesso em: 12 fev. 2021

AVELAR, S. Schematic Maps on Demand: Design, Modeling and Visualization. PhD thesis, Swiss Federal Institute of Technology Zurich, 2002.

BACHMAN, C. W. **Summary of current work ANSI/X3/SPARC/study group - Database Systems**. Massachussets. *FDT Bull. ACM SIGFIDET SIGMOD* 6, 1974.

BASTIAN, A. V. Citygml e fotogrametria digital na documentação arquitetônica: potencialidades e limitações. v.2, n.2, p. 562-575, 2015. **Anais do VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção**. Disponível em: <<https://doi.org/10.5151/engpro-tic2015-051>>. Acesso em: 15 jul. 2018.

BAUER, C.; LUDWIG, B. Schematic maps and *indoor* wayfinding. **Leibniz International Proceedings in Informatics, LIPIcs**, v. 142, n. 23, p. 1–14, 2019.

BAUS, J.; KRAY, C. Frames of Reference, Positional Information and Navigational Assistance. **Proceedings of {FLAIRS}'02**, p. 461–465, 2002.

BILJECKI, F; LIM, J. ; CRAWFORD, J. ; MORARU, D. ; TAUSCHER, H. ; KONDE, A.; ADOUANE, K. ; LAWRENCE, S. ; JANSSEN, P. ; STOUFFS, R. Extending CityGML for IFC-sourced 3D city models. **Automation in Construction**, 2021

BRÜGGER, A.; RICHTER, K. F.; FABRIKANT, S. I. How does navigation system behavior influence human behavior? **Cognitive Research: Principles and Implications**, v. 4, n. 1, 2019.

CAMPOS, A.; CAMPOS-JUANATEY, D. Importancia de la rotación de imágenes para la comprensión de los “you-are-here maps” Importance of rotating images for the understanding of you-are-here maps. **Revista De Estudios E Investigación En Psicología Y Educación**, n.1, p. 0–3, 2017.

CARLSON, L. A.; HÖLSCHER, C.; SHIPLEY, T. F.; CONORY DALTON, R. Getting lost in buildings. **Current Directions in Psychological Science**, v. 19, n. 5, p. 284–289, 2010.

COLORADO. Disponível em: <https://www.colorado.edu/map/>. Acesso em: 12 fev. 2021

COORS, V.; ELTING, C.; KRAY, C.; LAAKSO, K. Presenting Route Instructions on Mobile Devices: From Textual Directions to 3D Visualization. **Exploring Geovisualization**, n. November 2004, p. 529– 550, 2005.

COUCLELIS, H.; GOLLEDGE, R.G.; GALE, N.; TOBLER, W. Exploring the anchorpoint hypothesis of spatial cognition. **J. Environ. Psychol**, v.7, p. 99–122, 1987.

DARKEN, R. P.; SIBERT, J. L. **A Toolset for Navigation in Virtual Environments**. In Appears in the Proceedings of ACM User Interface Software e Technology, p. 157–165, 1993.

DELAZARI, L. S.; ERCOLIN FILHO, L.; SAROT, R. V.; FARIAS, P. P.; ANTUNES, A.; SANTOS, S. B. Mapping *indoor* environments: challenges related to the cartographic representation and routes. In J. Conesa, A. Pérez-Navarro, J. Torres-Sospedra, R. Montoliu (Eds.), *Geographical and fingerprinting data to create systems for indoor positioning and indoor/outdoor navigation*, p. 169-185, San Diego, CA: Academic Press, 2018.

DELAZARI, L. S.; ARAÚJO, N. S. DE; LIMA, M. DA C. DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÃO GEOESPACIAL PARA CONSULTA DE ROTAS EM MAPA

INTERATIVO NA CIDADE DE CURITIBA (PR). **Anais do Congresso Internacional de Educação e Geotecnologias 2019**. n. December, p. 232–236, 2019.

DELAZARI, L. S.; ANAND, S.; MORLEY, J. Evaluation of subjective preferences regarding *indoor* maps: comparison of schematic maps and floor plans. **AGILE'2014 International Conference on Geographic Information Science**, n. June, p. 4, 2014.

DENT, B.D. **Cartography: Thematic Map Design**. Iowa: Wm. C. Brown Publishers, 1993.

DIAKITÉ, A. A.; ZLATANOVA, S.; LI, K. J. About the subdivision of *indoor* spaces in indoorGML. I SRPS **Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. IV- 4W5, p. 41– 48, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/i_SRPs-annals-IV-4-W5-41-2017>. Acesso em: 17 jul. 2020.

DONG, J.; NOREIKIS, M.; XIAO, Y.; YLÄ-JÄÄSKI, A. ViNav: A Vision-Based *Indoor* Navigation System for Smartphones. **IEEE Transactions on Mobile Computing**, v. 18, n. 6, p. 1461–1475, 2019.

FAGUNDES, C. K. M. Agrupamento de termos de relações espaciais semanticamente similares coletados a partir de descrições em linguagem natural do português brasileiro. Tese de Doutorado – Pós-graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2021.

FALLAH, N.; APOSTOLOPOULOS, I.; BEKRIS, K.; FOLMER, E. *Indoor* human navigation systems: a survey. **Interacting with Computers**, Volume 25, Issue 1, Pages 21–33, <https://doi.org/10.1093/iwc/iws010>. 2013

FANG, H.; XIN, S.; ZHANG, Y.; WANG, Z.; ZHU, J. Assessing the influence of landmarks and paths on the navigational efficiency and the cognitive load of *indoor*

maps. I **SRPS International Journal of Geo-Information**, v. 9, n. 2, p. 1–13, 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/338961979_Assessing_the_Influence_of_Landmarks_and_Paths_on_the_Navigational_Efficiency_and_the_Cognitive_Load_of_Indoor_Maps/fulltext/5e34cdcb458515072d73fc9e/338961979_Assessing_the_Influence_of_Landmarks_and_Paths_on_the_Navigational_Efficiency_and_the_Cognitive_Load_of_Indoor_Maps.pdf>. Acesso em: mar. 2020.

FANG, Z.; LI, Q.; SHAW, S. L. What about people in pedestrian navigation? **Geo-Spatial Information Science**, v. 18, n. 4, p. 135–150, 2015. Taylor & Francis. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/10095020.2015.1126071>>. Acesso em: 12 ago. 2020.

FANG, Z.; LI, Q.; ZHANG, X.; SHAW, S. L. A GIS data model for landmark-based pedestrian navigation. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 26, n. 5, p. 817– 838, 2012.

FARR, A. C.; KLEINSCHMIDT, T.; YARLAGADDA, P.; MENGERSEN, K. Wayfinding: A simple concept, a complex process. **Transport Reviews**, v. 32, n. 6, p. 715–743, 2012.

FERNANDO, N.; MCMEEKIN, D. A.; MURRAY, I. Context-aware Navigation Model supporting Way-finding of Vision Impaired People in *Indoor* Environments. In Proceedings of the 11th International Symposium on Location Based Services, p. 54– 66, 2014.

FIORI, S.R.; ALMEIDA, R. A. Cartografia Turística: uma experiência com mapas pictóricos e convencionais. **Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina**, Março, 2005.

FIORI, S. R. Cartografia e as dimensões do lazer e turismo: o potencial dos tipos de representação cartográfica. **Revista Brasileira de Cartografia**, Nº 62, Ano 03, p.527-542, 2010.

FORREST, D.; CASTNER, H. W. On the design of point symbols for tourist maps: enclosed or not enclosed is not the question! **The cartographic Journal**, v. 35, p. 79-81, 1998.

GAI, M.; WANG, G. Indoor3D: A WebGL Based Open Source Framework for 3D *Indoor* Maps Visualization. **Proceedings of the 20th International Conference**, p. 181–187, 2015.

GANGAPUTRA, R. ***Indoor Landmark and Indoor Wayfinding: The Indoor Landmark Identification Issue***, 2017. 77f. Dissertação (Mestrado em Cartografia) – Departamento de Engenharia Civil, Geo e Ambiental, Universidade Técnica de Munique, Munique, 2017. Disponível em: <https://cartographymaster.eu/wpcontent/theses/2017_Gangaputra_Thesis.pdf>. Acesso em: ago. 2020.

GARTNER, G.; HUANG, H.; SCHMIDT, M. **Smart Environment for Ubiquitous Indoor Navigation** Institute of Geoinformation and Cartography Vienna University of Technology Vienna, Austria, 2009.

GOETZ, M.; ZIPF, A. Formal definition of a user-adaptive and length-optimal routing graph for complex *indoor* environments. **Geo-Spatial Information Science**, v. 14, p. 119-128, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11806-011-0474-3>>. Acesso em: 02 ago. 2018.

GOMES, F. J. **Gestalt do Objeto: sistema de leitura visual da forma**. 9ª Ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2009.

GOTLIB, D. Selected qualities of mobile maps for *indoor* navigation. **Polish Cartographical Review**, v. 51, n. 4, p. 155– 165, 2019.

GOTLIB, D.; GNAT, M.; MARCINIAK, J. The research on cartographical *indoor* presentation and *indoor* route modeling for navigation applications. **International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN)**, 2012.

GOTLIB, D.; WYSZOMIRSKI, M; GNAT, M. A Simplified Method of Cartographic Visualisation of Buildings' Interiors (2D+) for Navigation Applications. I **SRPS International Journal of Geo-Information**, v. 9, n. 6. 2020.

GRANHA, G. S. P. **Metodologia de criação de símbolos cartográficos: uma aplicação para estudos de impacto ambiental**. 231f. Monografia (Mestrado em Engenharia Cartográfica) – Instituto Militar de Engenharia. 2001

HARUN, H.; JAILANI, N.; BAKAR, M. A.; ZAKARIA, M. S.; ABDULLAH, S. A generic framework for developing map-based mobile application. **Proceedings of the 2009 International Conference on Electrical Engineering and Informatics, ICEEI 2009**, v. 2, n. March 2016, p. 434– 440, 2009.

HIRTLE, S. C.; SORROWS, M. **The Nature of Landmarks for Real and Electronic Spaces**, School of Information Sciences University of Pittsburgh, 1999.

HUANG, H.; GARTNER, G. A Survey of Mobile *Indoor* Navigation Systems. **Lecture Notes in Geoinformation and Cartography**, n. 1992, p. 305– 319, 2010.

HUND, A. Visuospatial working memory facilitates *indoor* wayfinding and direction giving. **Journal of Environmental Psychology**, 2016. v.45. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0272494416300081?via%3Di+hub>>. Acesso em: 10 agosto 2019.

ILKU, K.; TAMAS, J. IndoorGML Modeling: A Case Study. 2018 **19th International Carpathian Control Conference (ICCC)**, p. 633–638, doi: 10.1109/CarpathianCC.2018.8399707. 2018.

ISIKDAG, U.; ZLATANOVA, S. (2009). Towards Defining a Framework for Automatic Generation of Buildings in CityGML Using Building Information Models. In: Lee J., Zlatanova S. (eds) **3D Geo-Information Sciences**. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, p. 79- 96, SRPinger: Berlim, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-87395-2_6>. Acesso em: 03 fev. 2020.

JEAMWATTHANACHAI, W.; WALD, M.; WILLS, G. Map Data Representation for *Indoor* Navigation by Blind People. **International Journal of Chaotic Computing**, v. 4, n. 1, p. 70– 78, 2016.

JP People & Technology. Disponível em: <http://jp.pntbiz.com/index.php/2017/12/24/1008/>. Acesso em: 13 fev. 2021

JUNG, H. J.; LEE, J. Development of an Omnidirectional-Image-Based Data Model through Extending the IndoorGML Concept to an *Indoor* Patrol, **Journal of Sensors**, vol. 2017, Article ID 5379106, 14 pages. doi.org/10.1155/2017/5379106. 2017

JUNG, H.; LEE, J. *Indoor* subspacing to implement IndoorGML for *indoor* navigation. In **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - I SRPS Archives**, v. XL-2/W4, p. 25- 27, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.5194/iSRPSarchives-XL-2-W4-25-2015>>. Acesso em: 22 jan, 2020.

JUSUF, S. K. ; MOUSSEAU, B. ; GODFROID, G. ; HUI, V. S. J. Integrated modeling of CityGML and IFC for city/neighborhood development for urban microclimates analysis. **CISBAT 2017 International Conference – Future Buildings & Districts – Energy Efficiency from Nano to Urban Scale**, CISBAT 2017 6-8 September 2017, Lausanne, Switzerland, 2017

KANG, H.K.; LI, K.J. A Standard *Indoor* Spatial Data Model - OGC IndoorGML and Implementation Approaches. **I SRPS International Journal of Geo-Information**, v. 6, n. 4, p. 116, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/ijgi6040116>>. Acesso em: 29 out. 2019.

KBR, Korea Biomedical Review. Severance Hospital launches 'My Severance' mobile app. Disponível em: <https://www.koreabiomed.com/news/articleView.html?idxno=1744>>. Acesso em: 15 mar. 2021.

KEIL, J.; EDLER, D.; KUCHINKE, L.; DICKMANN, F. Effects of visual map complexity on the attentional processing of landmarks. **PLoS ONE**, v. 15, n. 3, 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0229575>>. Acesso em: 29 out. 2019.

KHAN, A. A.; DONAUBAUER, A.; KOLBE, T. H. A multi-step transformation process for automatically generating *indoor* routing graphs from existing semantic, 3D building models. **9th 3D GeoInfo Conference 2014**, n. November, 2014. Disponível em: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84919807908&partnerID=tZOtx3y1>> Acesso em: 13 dez. 2020.

KIKIRAS, P.; TSETSOS, V.; HADJIEFTHYMIADES, S. Ontology-based user modeling for pedestrian navigation systems. In **Proceedings of the Workshop on Ubiquitous User Modeling**. Riva del Garda, Italy: IOS Press. 2006

KIM, M.; LEE, J. Developing a method to generate IndoorGML data from the omnidirectional image. In International Archives of the Photogrammetry, **Remote Sensing and Spatial Information Sciences - I SRPS Archives**, v. XL-2/W4, p. 17– 19, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/i_SRParchives-XL-2-W4-17-2015>. Acesso em: 09 nov. 2019.

KIM, Y. J.; KANG, H. Y.; LEE, J. Development of *indoor* spatial data model using CityGML ADE. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - I SRPS Archives**, v. XL-2/W2, n. November, p. 41– 45, 2013.

KLIPPEL, A.; WINTER, S. **Structural salience of landmarks for route directions**. Lecture Notes in Computer Science (including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 2005.

KLIPPEL, A.; RICHTER, K.; HANSEN, F. Cognitively ergonomic route directions. **Handbook of Research on Geoinformatics**, p. 230–238, 2009.

KOREA biomed. Disponível em: <https://www.koreabiomed.com/news/articleView.html?idxno=1744>. Acesso em: 13 fev. 2021

KRUKAR, J.; ANACTA, V. J.; SCHWERING, A. The effect of orientation instructions on the recall and reuse of route and survey elements in wayfinding descriptions. **Journal of Environmental Psychology**, v. 68, n. February, 2020.

KUNHOTH, J.; KARKAR, A. G.; AL-MAADEED, S.; AL-ALI, A. *Indoor* positioning and wayfinding systems: a survey. **Human-centric Computing and Information Sciences**, v. 10, n. 1, 2020. SRPinger Berlin Heidelberg. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s13673-020-00222-0>>. Acesso em: 05 mar. 2021.

LI, K. J. IndoorGML - A Standard for *Indoor* Spatial Modeling. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - I SRPS Archives**, v. XLI-B4, n. July, p.701– 704, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/i_SRParchives-XLI-B4-701-2016>. Acesso em: 29 out. 2020.

LI, K. J.; LEE, J. Y. Basic Concepts of *Indoor* Spatial Information Candidate Standart IndoorGML and its Applications. **Journal of Korea Spatial Information Society**, n. 21-3, p. 1– 10, 2013.

LI, K. J.; ZLATANOVA, S.; TORRES-SOSPEDRA, J.; PEREZ-NAVARRO, A.; LAOUDIAS, C, MOREIRA, A. Survey on *indoor* map standards and formats. **2019 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation, IPIN 2019**, 2019.

LI, R. **Human Wayfinding and Navigation in a Large-Scale Environment: Cognitive Map Development and Wayfinding Strategies**. 92 p. Degree of Master of Arts In the Department of Geography. University of Saskatchewan (2007)

LIDA, H.; HIROI, K. E. I.; KAJI, K.; KAWAGUCHI, N. A Proposal of IndoorGML Extended Data Model for Pedestrian-Oriented Voice Navigation System. In

Proceedings of the Seventh ACM SIGSPATIAL International Workshop on Indoor Spatial Awareness (ISA '15), v. 2, n. November 2015, p. 1- 6, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2834812.2834814>>. Acesso em: 06 set. 2020.

LIU, L.; ZLATANOVA, S. A semantic data model for *indoor* navigation. In **Proceedings of the Fourth ACM SIGSPATIAL International Workshop on Indoor Spatial Awareness - ISA '12**, n. November 2012, p. 1- 8, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2442616.2442618>>. Acesso em: 07 dez. 2020.

LIU, L.; ZLATANOVA, S.; ZHU, Q.; LI, K. Towards the integration of IndoorGML and IndoorLocationGML for *indoor* applications. In I SRPS **Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, n. IV-2/W4, p. 343- 348, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.5194/i-SRPs-annals-IV-2-W4-343-2017>>. Acesso em: 14 fev. 2021.

LORENZ, A. L.; THIERBACH, C. O.; BAUR, N. I. N. A.; KOLBE, T. H. H. App-Free Zone: Alternatives to Mobile Devices as *Indoor* Navigation Aids and their Empirical Evaluation with Large User Bases. **Proceedings of the LBS 2012 Conference in Munich**, 2013a.

LORENZ, A.; THIERBACH, C.; BAUR, N.; KOLBE, T. H. Map design aspects, route complexity, or social background? Factors influencing user satisfaction with *indoor* navigation maps. **Cartography and Geographic Information Science**, v. 40, n. 3, p. 201–209, 2013b.

LYNCH, K. **The image of the city**. Cambridge, The M.I.T. Press, 1960.

MACEACHREN, A. **How Maps Work: representation, visualization, and design**. New York, EUA: The Guilford Press, 1995.

MANZIONE, L. O IFC é muito mais que um formato de arquivo. Disponível em: <https://www.construagil.com.br/post/o-ifc-%C3%A9-muito-mais-que-um-formato-de-arquivo>. Acessado em: 01 fev. 2018. (2016).

MARTINS, V. E. **AVALIAÇÃO DE USABILIDADE E ERGONOMIA DO WEBGIS UFPR CAMPUS MAP (UCM) ACESSADO EM DISPOSITIVOS DESKTOP E MÓVEL**, 2020. Dissertação de Mestrado, Pós-graduação em Ciências Geodésicas. Universidade Federal do Paraná - UFPR.

MIRVAHABI, S. S.; ABBASPOUR, R. A. Automatic extraction of IndoorGML core model from OpenStreetMap. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences** – n. XL-1/W5, p. 459– 462, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-1-W5-459-2015>>. Acesso em: 19 set. 2021.

MOURATIDIS, G. **Context dependent multimodal routing in indoor/outdoor environments based on IndoorGML and OpenStreetMap**. Master Thesis - Technische Universität München, 137 f., 2015.

NAGEL, C. **Spatio-Semantic Modelling of Indoor Environments for Indoor Navigation**. Doctoral Thesis - Technischen Universität Berlin, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-4134>>. Acesso em: 12 ago. 2020.

NIELSEN, J. ; LANDAUER, T. K.: "A mathematical model of the finding of usability problems," *Proceedings of ACM INTERCHI'93 Conference* Amsterdam, The Netherlands, 24-29 April (1993)

NOSSUM, A. S. Desenvolvimento de uma estrutura para descrever e comparar mapas interxos. **Diário Cartográfico**, v.50, p.218-224, 2013. DOI: 10.1179/1743277413Y.000000055.

NURMINEN, A. Mobile 3D City Maps. **IEEE Computer Graphics and Applications**, v. 28, n. July 2008, p. 20– 31, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/MCG.2008.75>>. Acesso em: 06 set. 2020.

OGC CityGML. OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard, 2019. Disponível em: <<http://www.opengis.net/spec/citygml/2.0>>. Acesso em: 27 fev. 2020.

OGC. Comparing CityGML and IndoorGML based on a use case at Lotte World Mall, 2016. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/legal/>>. Acesso em: 29 set. 2021.

OGC. OGC® IndoorGML: Corrigendum, 2018. Disponível em: <<http://www.opengis.net/doc/IS/indoorgml/1.0>>. Acesso em: 29 set. 2020

OGC (2020). **An Extension Model to attach Points of Interest into IndoorGML**. Disponível em: < <https://docs.ogc.org/dp/20-054r1.html#conformance>>. Acesso em: 10 jan. 2021

OLUWATOSIN, Haroon Shakirat. Client-Server Model, 2013, 776 pp ISBN-13: 978-1-60807-005-3. **IOSR Journal of Computer Engineering**, [s.l.], Volume 16, Issue 1, Ver. IX (Feb. 2014), p 67-71

OZDENIZCI, B.; COSKUN, V.; OK, K. NFC internal: An *indoor* navigation system. **Sensors (Switzerland)**, v. 15, n. 4, p. 7571–7595, 2015.

PARK, J.; AHN, D.; LEE, J. Development of Data Fusion Method Based on Topological Relationships Using IndoorGML Core Module. **Journal of Sensors**, v. 2018, 14 f., 2018. Disponível em: <<https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2018/4094235>>. Acesso em: 30 mai. 2021

PEOPLE & TECHNOLOGY. Yonsei severance hospital 2.5d *indoor* navigation. Disponível em: <http://jp.pntbiz.com/index.php/2017/12/24/1008/>>. Acesso em: 02 jan. 2021.

PINHO, S.M.F. O modelo IFC como agente de interoperabilidade. Dissertação de Mestrado Em Engenharia Civil - Especialização Em Construções - Universidade Do Porto, 155 f., 2013.

POMBINHO, P.; AFONSO, A. P.; CARMO, M. B. Point of interest awareness using *indoor* positioning with a mobile phone. **PECCS 2011 - Proceedings of the 1st International Conference on Pervasive and Embedded Computing and Communication Systems**, n. January, p. 5– 14, 2011.

POMBINHO, P.; CARMO, M. B.; AFONSO, A. P. Adaptive mobile visualization – The chameleon framework. **Computer Science and Information Systems**, v. 12, n. 2, p. 445– 464, 2015.

PRADO, A.B.; BARANAUSKAS, M.C.C.; MEDEIROS, C. M. B. **Cartografia e Sistemas de Informação Geográfica como sistemas semióticos: uma análise comparativa oportunidades de melhorar dramaticamente o processo de tomada de decisões e resolução de problemas no domínio geoespacial**. Relatório Técnico IC-99-26. Instituto de Computação – Unicamp. 1999.

PUIKKONEN, A.; SARJANOJA, A.-H.; HAVERI, M.; HUHTALA, J.; HÄKKILÄ, J. Towards designing better maps for *indoor* navigation - Experiences from a Case Study. **Proceedings of the 8th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia**, p. 1–4, 2009.

REHRL, K.; GÖLL, N.; LEITINGER, S.; BRUNTSCH, S. Combined indoor/outdoor Smartphone navigation for public transport travellers. In Location Based Services & Telecartography - Proceedings of the Symposium 2005. Geowissenschaftliche Mitteilungen, 2005. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.126.4499>>. Acesso em: 06 set. 2020.

REIMER A. 2011. Squaring the circle: bivariate color maps and jacques bertin's concept of 'disassociation'. **Anais do 25th International Cartographic Conference**. Paris, França. ISBN: 978-1-907075-0-6.

RICHTER, K.F.; WINTER, S. **Landmarks: GIScience for Intelligent Services**. Cham, Switzerland: SRPinger, 10.1007/978-3-319-05732-3. 2014.

RUSSO, C. **Route Directions using Visible Landmarks for an Indoor Navigation System based on Android device: IndoorNav**. Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica. Universita degli Studi dell'Aquila, 2012.

Ryder, K. J. **Designing and Publishing Indoor Maps for Patients and Visitors in an Academic Teaching Hospital**, Masters dissertation. Dublin: Royal College of Surgeons in Ireland, 2015.

RYU, H.G.; KIM, T.; LI, K.J. *Indoor navigation map for visually impaired people*. **Proceedings of the Sixth ACM SIGSPATIAL International Workshop on Indoor Spatial Awareness - ISA '14**, n. November 2014, p. 32– 35, 2014; Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2676528.2676533>>. Acesso em: 21 jan. 2021.

SALHEB, N. ; OHORI, K. A.; STOTER, J. Automatic Conversion of CITYGML to IFC. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, Volume XLIV-4/W1-2020, 2020 3rd BIM/GIS Integration Workshop and 15th 3D GeoInfo Conference, 7–11 London, UK. September, 2020.

SANTIL, F. L. P. Análise da Percepção das Variáveis Visuais de acordo com as Leis da Gestalt para a Representação Cartográfica. Tese de Doutorado – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

SAROT, R. V. **Avaliação de mapas *indoor* para dispositivos móveis para auxílio à tarefa de orientação.** Dissertação de Mestrado. Pós-graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015

SAROT, R. V. **Determinação dos elementos considerados marcos de referência em ambientes *indoor* para auxílio às tarefas de orientação e navegação espacial.** Tese de Doutorado – Pós-graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

SAROT, R. V.; DELAZARI, L. S. Avaliação de mapas interxos de dispositivos móveis para tarefas de orientação. **Boletim das Ciências Geodésicas**, v24(4), p.564-584, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-21702018000400564>. Acesso em: dez. 2019.

SAROT, R. V.; DELAZARI, L. S. Proposta de Simbologia para Representação de Ambientes *Indoor* por Meio de Testes com Usuários. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 43, p. 208–223, 2020.

SAYÃO, L. F. Modelos teóricos em ciência da informação – abstração e método científico. **Ciência Da Informação**, v. 30(1), p. 82– 91, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ci/v30n1/a10v30n1.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2020.

SCHMIDT, M. A. R.; DELAZARI, L. S. Gestalt aspects for differentiating the representation of landmarks in virtual navigation. **Cartography and Geographic Information Science**, v. 40:3, p.159-164, 2013. DOI: 10.1080/15230406.2013.807031.

SESTER, M.; ELIAS, B. Relevance of generalisation to the extraction and communication of wayfinding information. In: **Generalisation of Geographic Information: Cartographic Modelling and Applications**, MACKANESS, W.A.; RUAS, A.; SARJAKOSKI, L.T. (eds.), p.199–210, Amsterdam: Elsevier Science, 2007.

SITHOLE, G.; ZLATANOVA, S. Position, location, place and area: an *indoor* perspective. I **SRPS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. III- 4, p. 89-96, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.5194/iSRPsannals-III-4-89-2016>>. Acesso em 26 abr. 2020.

SORROWS, M. E.; HIRTLE, S. C. (1999). **The nature of landmarks for real and electronic spaces**. In Lecture Notes in Computer Science (including subséries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/3-540-48384-5_3>. Acesso em 06 set. 2020.

SPASSOV, I. **Algorithms for map-aided autonomous indoor pedestrian positioning and navigation**. EPFL Thesis, Lausanne, 2007.

TEO, T. A.; YU, S. C. The extraction of *indoor* building information from BIM to OGC IndoorGML. Int. Arch. Photogramm. **Remote Sens. Spatial**, n. XLII-4/W2, p. 167–170, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.5194/iSRPs-archives-XLII-4-W2-167-2017>> Acesso em: 24 ago. 2020.

TSETSOS, V.; ANAGNOSTOPOULOS, C.; KIKIRAS, P.; HASIOTIS, T.; HADJIEFTHYMIADES, S. A human-centered semantic navigation system for *indoor* environments. **ICPS '05 Proceedings International Conference on Pervasive Services, 2005**, p. 146-155, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/PERSER.2005.1506403>>. Acesso em: 16 abr. 2020

UNIVERSITY OF ARIZONA. The University of Arizona: Campus Map 2021. Disponível em: <<https://map.arizona.edu/72-100A>>. Acesso em: 10 mar. 2021.

UNIVERSITY OF COLORADO. The University of Colorado: Campus Map 2021. Disponível em: <<https://www.colorado.edu/map/>>. Acesso em: 11 mar. 2021.

VINSON, N.G. Design Guidelines for Landmarks to Support Navigation in Virtual Environments. In: CHI '99. Pittsburgh, EUA, 1999.

ZHU, Q.; LI, Y.; XIONG, Q.; ZLATANOVA, S.; DING, Y.; ZHANG, Y.; ZHOU, Y. *Indoor Multi-Dimensional Location GML and Its Application for Ubiquitous Indoor Location Services*. **I SRPS International Journal of Geo-Information**, v.5 n.12, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/ijgi5120220>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

ZLATANOVA, S.; LIU, L.; SITHOLE, G.; ZHAO, J.; MORTARI, F. **Space subdivision for indoor applications**. Section GIS technology. OTB Research for the Built Environment. TU Delft, 2014.

ZLATANOVA, S.; VAN OOSTEROM, P. J. M.; LEE, J.; LIC, K. J.; LEMMEN, C. H. J. LADM and IndoorGML for support of *indoor* space identification. **I SRPS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, n. IV-2-W1, p. 257–263, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-2-W1-257-2016>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

ŻYSZKOWSKA, W. Levels and properties of map perception. **Polish Cartographical Review**, v. 49, n.1, pp. 17– 26, 2017. DOI: 10.1515/pcr-2017-00022017.

ŻYSZKOWSKA, W. Visual features of cartographic representation in map perception. **Polish Cartographical Review**, v. 48, n. 1, p. 5–15, 2016. DOI: 10.1515/pcr-2016-0003.

APÊNDICE 1 QUESTIONÁRIO TESTE 01

Pesquisa sobre mapas

Prezado Participante,

Neste termo são apresentadas as garantias e condições que serão dadas a você, caso aceite participar desta pesquisa. O objetivo do questionário é obter informações a respeito da percepção do usuário em relação a representações esquemáticas de ambientes indoor.

Desta forma, nós garantimos que:

- (1) Seus dados pessoais, bem como elementos que permitam sua identificação por terceiros, serão mantidos em sigilo;
- (2) Você pode interromper os testes a qualquer momento.

Ao aceitar os termos você :

- (1) Concorde com a utilização dos dados presentes nos questionários com finalidade de análise para pesquisa científica;
- (2) Esta ciente das condições para a realização dos testes;
- (3) Esta ciente das garantias dadas.

Desde já agradecemos sua disposição.

Li e concordo com os termos

Seguinte



Página 1 de 6

Usuário

Idade *

Menos que 17 anos

Entre 17 e 27 anos

Entre 28 e 40 anos

Acima de 41 anos

Sexo *

Masculino

Feminino

Formação Acadêmica *

Se você é estudante, assinale a opção que está cursando no momento.

Ensino fundamental

Ensino médio

Ensino Superior

Pós Graduação

Com que frequência você utiliza mapas ? *

Considere qualquer tipo de mapa, por exemplo, mapas impressos, turísticos, guias rodoviários, Google maps, Waze, gps veicular...

Raramente (uma vez por mês)

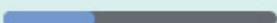
Às vezes (uma vez por semana)

Com frequência (mais de uma vez por semana)

Você estuda ou trabalha no campus Centro Politécnico da UFPR? *

Sim

Não

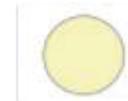
[Anterior](#) [Seguinte](#)  Página 2 de 6

Tarefa 1

As tarefas realizadas a seguir utilizam um mapa esquemático, que é uma representação simplificada do ambiente. Os mapas utilizados mostram o andar térreo de um prédio pertencente a um campus universitário, onde os corredores são representados por linhas e os ambientes por símbolos

No mapa abaixo, identifique quais são os 2 símbolos que mais te chamam atenção a primeira vista. *



<input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/> Salas Docentes	<input type="checkbox"/> Outros	<input type="checkbox"/> Ambiente ensino	<input type="checkbox"/> Uso administrativo
<input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/> Biblioteca	<input type="checkbox"/> Banheiro Misto	<input type="checkbox"/> Banheiro Feminino	<input type="checkbox"/> Banheiro Masculino
<input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/> Cantina	<input type="checkbox"/> Elevador	<input type="checkbox"/> Escada	<input type="checkbox"/> Papelaria

Anterior

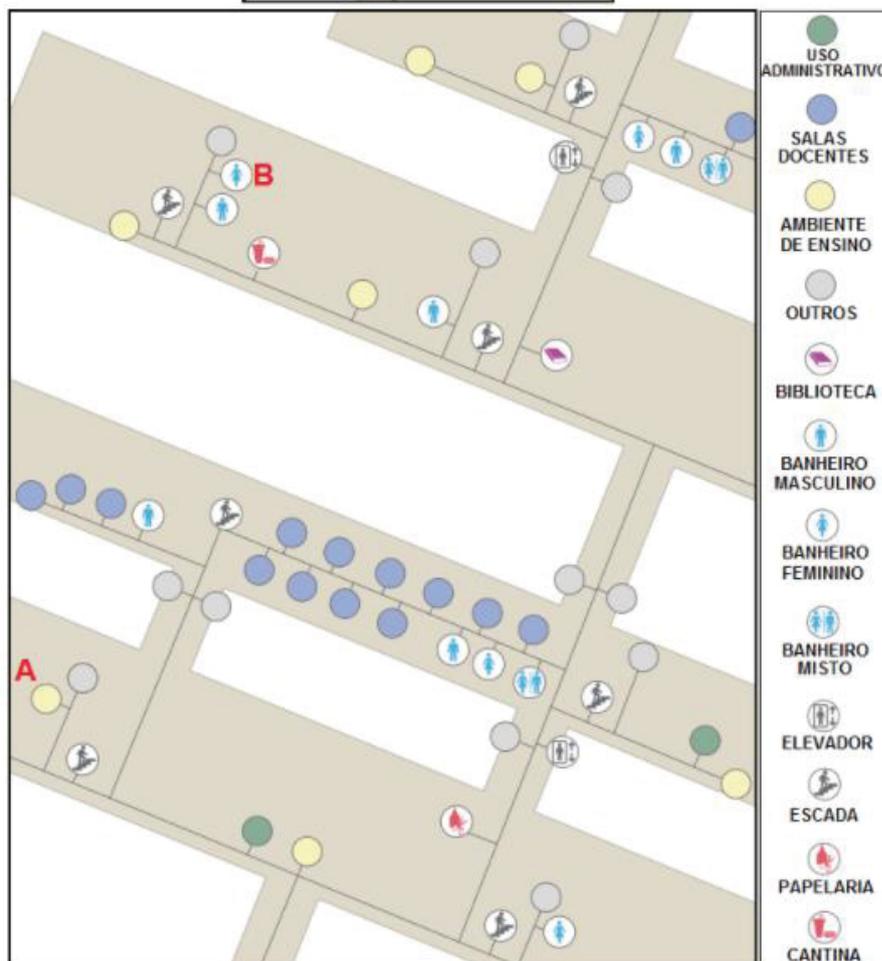
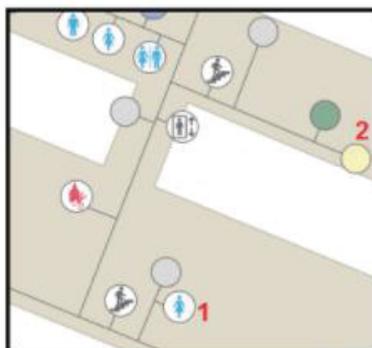
Seguinte

Página 3 de 6

Tarefa 2

Imagine que você precisa ensinar uma pessoa, que não conhece o ambiente, o caminho para ir do ponto 'A' do mapa ao ponto 'B'. Como você explicaria este trajeto? *

Por exemplo, para ir do ponto 1 ao 2, eu diria para a pessoa: "Saindo do banheiro feminino (1), você deve virar a esquerda, e em seguida a direita. Depois da escada vire a direita novamente, siga reto e depois do elevador vire a direita. Após passar uma sala de uso administrativo, no final do corredor você encontrará o ambiente de ensino (2)"



A sua resposta

Tarefa 3

Sem voltar para olhar o mapa, cite quais símbolos você se recorda. *

A sua resposta

Anterior

Seguinte

Página 5 de 6

Considerações finais

Caso tenha sentido alguma dificuldade em compreender o mapa ou tenha alguma sugestão, fique a vontade para nos contar!!

A sua resposta

Anterior

Submeter

Página 6 de 6

APÊNDICE 2

QUESTIONÁRIO TESTE 02

TERMO DE PARTICIPAÇÃO DO TESTE

Você é convidado(a) a colaborar voluntariamente, por meio da realização deste teste, com a avaliação da descrição de rotas em sistemas de navegação indoor. Esta etapa da pesquisa visa analisar a compreensão e percepção do usuário em relação ao ambiente, além do esforço cognitivo empregado, ao receber tipos diferentes de instrução e diferentes formas de apresentação.

O teste pode ser realizado em dispositivos móveis ou desktop.

Você aceita participar deste teste? Visto que a preservação do anonimato é garantida e que as informações obtidas serão utilizadas exclusivamente para a realização desta pesquisa. Sua decisão de participação é voluntária, podendo ser encerrada a qualquer momento.

Amanda Pereira Antunes - Doutoranda no programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná (PPGCG/UFPR)
amandapereiraantunes [at] gmail.com

Profa. Dra. Luciene Stamato Delazari - Orientadora
luciene [at] ufpr.br

Concordo com os termos

FUNCIONAMENTO DO TESTE

O teste é composto por duas etapas, cada etapa contém:

1- Uma tarefa prática, que consiste em desenhar uma rota usando as ferramentas do sistema, sendo que a rota deve ser traçada a partir das instruções de direção que lhe serão fornecidas.

2 - Um breve questionário sobre suas percepções do ambiente apresentado.

Caso seja necessário você pode pausar a execução do teste.

Para entender como o sistema funciona veja o vídeo abaixo:



CENÁRIO 1 - MÉTRICA

ROTA RUBENS MEISTER



Considerando que você está parado e olhando de frente para o banheiro, siga as instruções abaixo:

- 1) Caminhe para oeste por 12m
- 2) Caminhe para o norte por 22m
- 3) Caminhe para oeste por 12m
- 4) Caminhe para o norte por 41m
- 5) Caminhe para oeste por 14m
- 6) Caminhe para o norte por 21m
- 7) Caminhe para leste por 27m
- 8) Caminhe para o norte por 18m

ROTA BIOLÓGICAS



Considerando que você está parado e olhando de frente para o banheiro, siga as instruções abaixo:

- 1) Caminhe para norte por 6 m
- 2) Caminhe para o leste por 24 m
- 3) Caminhe para sul por 39 m
- 4) Caminhe para o leste por 12 m
- 5) Caminhe para sul por 81 m
- 6) Caminhe para o leste por 40 m
- 7) Caminhe para norte por 8 m
- 8) Caminhe para o leste por 33 m
- 9) Caminhe para o norte por 11 m
- 10) Você chegou ao seu destino

QUESTIONÁRIO

Com que frequência você costuma se perder em ambientes indoor?

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Qual o seu grau de familiaridade com o ambiente da tarefa anterior?

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Qual foi seu nível de dificuldade ao relacionar as instruções com o ambiente, ao realizar a tarefa do traçado de rota?

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Quantifique a sua necessidade de consultar instruções anteriores para se certificar de que estava no local correto

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Como você considera sua percepção de distância?

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Se houvessem pontos de referência na descrição da rota, qual o nível de ajuda você acredita que essa informação a mais te traria? Por exemplo: caminhe por 16m em direção ao museu.

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Tente descrever detalhadamente a rota que você traçou na tarefa anterior, como se você a estivesse explicando para alguém que precisa percorrer o mesmo caminho.

Quais elementos do interior dos edifícios você lembra de ter visto no mapa?

Qual era o destino final da rota?

Salvar

QUESTIONÁRIO

Qual o seu grau de familiaridade com o ambiente dessa tarefa?

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Qual foi seu nível de dificuldade ao relacionar as instruções com o ambiente, ao realizar a tarefa do traçado de rota?

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Quantifique a sua necessidade de consultar instruções anteriores para se certificar de que estava no local correto

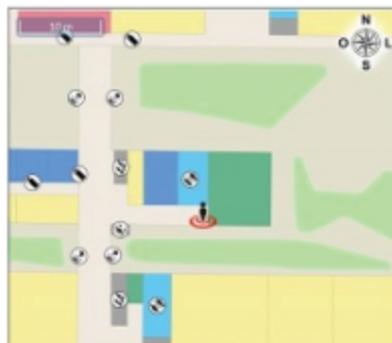
- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Tente descrever detalhadamente a rota que você acabou de traçar, como se você a estivesse explicando para alguém que precisa percorrer o mesmo caminho.

Quais elementos do interior dos edifícios você lembra de ter visto no mapa?

Qual era o destino final da rota?

Dentre as descrições de rota apresentadas abaixo, qual descrição você prefere?



- 1) Siga para a esquerda
- 2) Vire para a direita
- 3) Vá até o final e vire à esquerda

A



- 1) Caminhe para oeste por 22 m
- 2) Caminhe para o norte por 40 m
- 3) Caminhe para oeste por 15 m

B

Salvar

CENÁRIO 2 – RELAÇÃO ESPACIAL

ROTA RUBENS MEISTER



Considerando que você está parado e olhando de frente para o banheiro, siga as instruções abaixo:

- 1) Siga para a esquerda
- 2) Vire para a direita
- 3) Vire à esquerda
- 4) Em seguida vire à direita e caminhe até o final
- 5) Depois siga para o lado esquerdo
- 6) Vire para a direita
- 7) Vire para direita novamente
- 8) Vire para a esquerda
- 9) Novamente a esquerda
- 10) Vire para a direita e siga até o final
- 11) Você chegou ao seu destino

QUESTIONÁRIO

Com que frequência você costuma se perder em ambientes indoor?

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Qual o seu grau de familiaridade com o ambiente da tarefa anterior?

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Qual foi seu nível de dificuldade ao relacionar as instruções com o ambiente, ao realizar a tarefa do traçado de rota?

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Quantifique a sua necessidade de consultar instruções anteriores para se certificar de que estava no local correto

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Se houvessem pontos de referência na descrição da rota, qual o nível de ajuda você acredita que essa informação a mais te traria? Por exemplo: caminhe por 16m em direção ao museu.

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Tente descrever detalhadamente a rota que você traçou na tarefa anterior, como se você a estivesse explicando para alguém que precisa percorrer o mesmo caminho.

Quais elementos do interior dos edifícios você lembra de ter visto no mapa?

Qual era o destino final da rota?

Salvar

QUESTIONÁRIO

Qual o seu grau de familiaridade com o ambiente dessa tarefa?

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Qual foi seu nível de dificuldade ao relacionar as instruções com o ambiente, ao realizar a tarefa do traçado de rota?

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Quantifique a sua necessidade de consultar instruções anteriores para se certificar de que estava no local correto

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Tente descrever detalhadamente a rota que você acabou de traçar, como se você a estivesse explicando para alguém que precisa percorrer o mesmo caminho.

Quais elementos do interior dos edifícios você lembra de ter visto no mapa?

Qual era o destino final da rota?

Dentre as descrições de rota apresentadas abaixo, qual descrição você prefere?



1) Siga para a esquerda

2) Vire para a direita

3) Vá até o final e vire à esquerda

A



1) Caminhe para oeste por 22 m

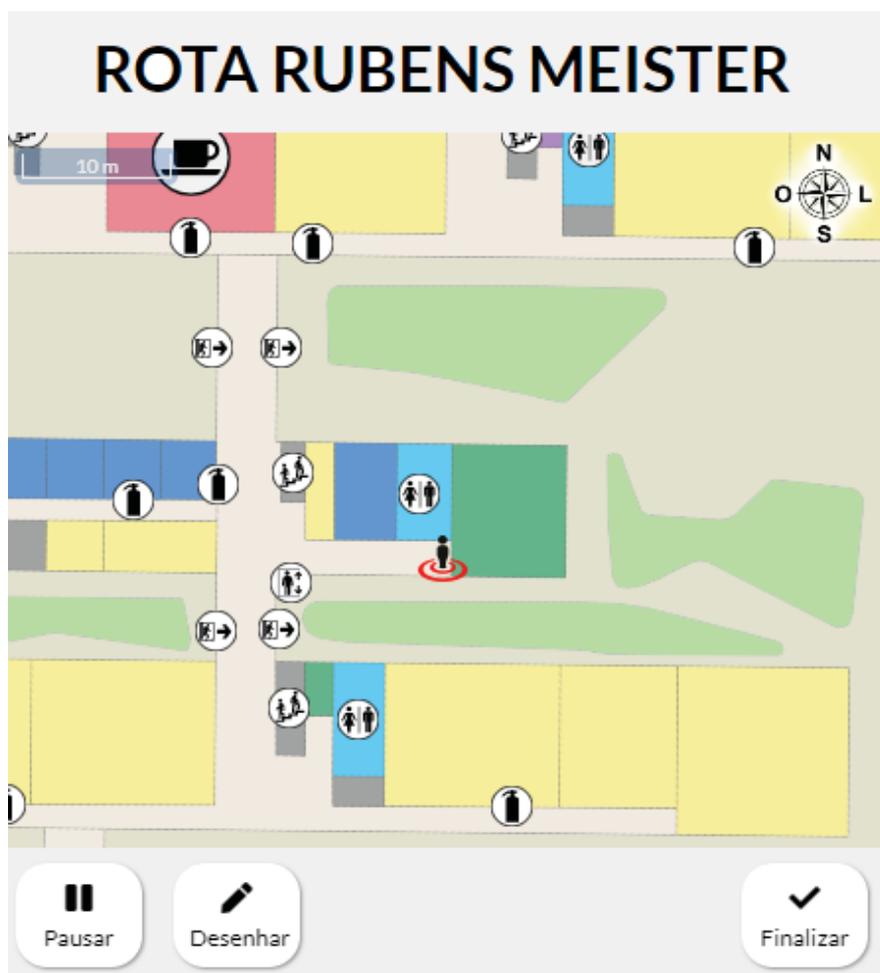
2) Caminhe para o norte por 40 m

3) Caminhe para oeste por 15 m

B

Salvar

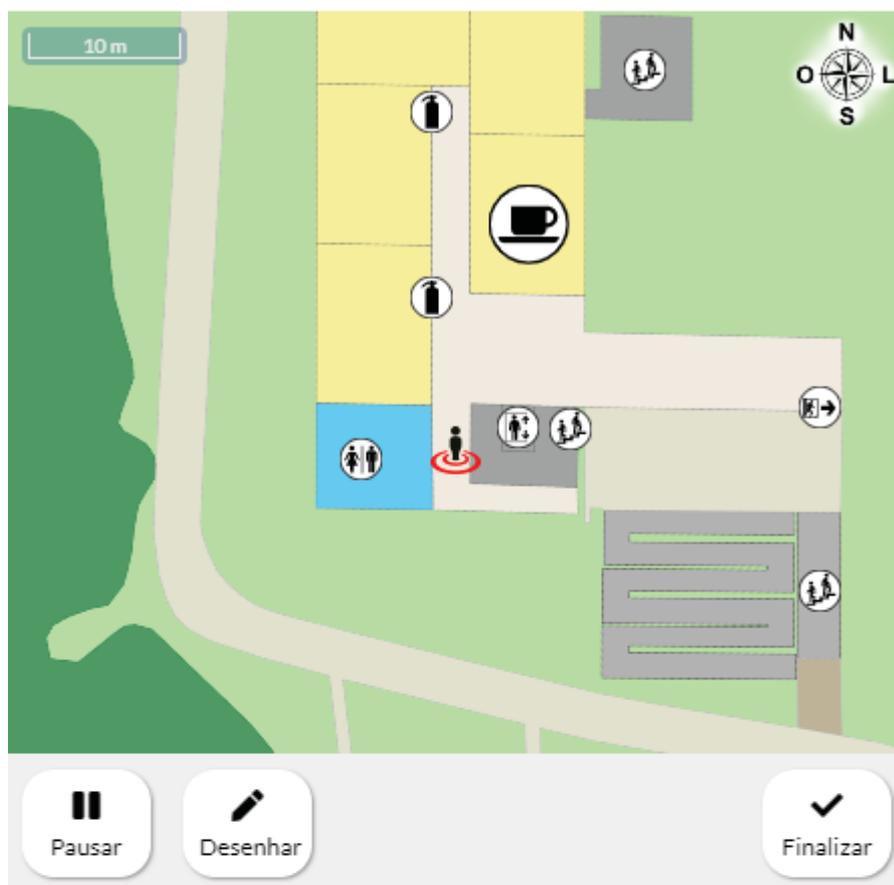
CENÁRIO 3 – MARCOS DE REFERÊNCIA



Considerando que você está parado e olhando de frente para o banheiro, siga as instruções abaixo:

- 1) Siga para a esquerda
- 2) Em seguida vire a direita e vá até o final do corredor
- 3) Vire para a esquerda
- 4) Depois da cantina e vire para a direita
- 5) Siga em frente até o final do corredor
- 6) Siga para o lado oposto a papelaria
- 7) Em seguida vire à direita e novamente a direita
- 8) Vire para a esquerda e novamente para a esquerda
- 9) Vire para a direita e passe em frente a biblioteca, atravesse na passarela
- 10) A frente estará o seu destino

ROTA BIOLÓGICAS



Considerando que você está parado e olhando de frente para o banheiro, siga as instruções abaixo:

- 1) Siga em direção a cantina
- 2) Vire à direita e vá até o final
- 3) Vire novamente a direita, atravesse a passarela
- 4) Entre a esquerda, depois vire à direita em direção a papelaria
- 5) Após passar a papelaria vire para a esquerda vá até o final e caminhe em direção a cantina
- 6) Passe em frente a cantina e vire à esquerda
- 7) A frente estará o seu destino

QUESTIONÁRIO

Com que frequência você costuma se perder em ambientes indoor?

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Qual o seu grau de familiaridade com o ambiente da tarefa anterior?

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Qual foi seu nível de dificuldade ao relacionar as instruções com o ambiente, ao realizar a tarefa do traçado de rota?

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Quantifique a sua necessidade de consultar instruções anteriores para se certificar de que estava no local correto

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Como você considera sua percepção de distância?

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Se houvessem mais pontos de referência na descrição da rota, qual o nível de ajuda você acredita que essas informações a mais te trariam? Por exemplo: caminhe por 16m em direção ao museu e vire depois do elevador.

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Tente descrever detalhadamente a rota que você traçou na tarefa anterior, como se você a estivesse explicando para alguém que precisa percorrer o mesmo caminho.

Quais elementos do interior dos edifícios você lembra de ter visto no mapa?

Qual era o destino final da rota?

Salvar

QUESTIONÁRIO

Qual o seu grau de familiaridade com o ambiente dessa tarefa?

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Qual foi seu nível de dificuldade ao relacionar as instruções com o ambiente, ao realizar a tarefa do traçado de rota?

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Quantifique a sua necessidade de consultar instruções anteriores para se certificar de que estava no local correto

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Tente descrever detalhadamente a rota que você acabou de traçar, como se você a estivesse explicando para alguém que precisa percorrer o mesmo caminho.

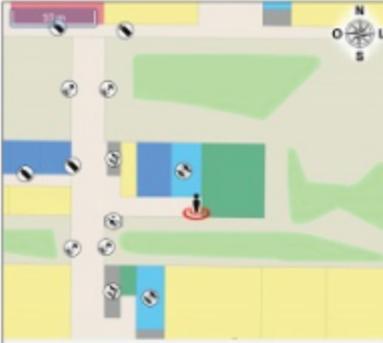
Quais elementos do interior dos edifícios você lembra de ter visto no mapa?

Qual era o destino final da rota?

Dentre as descrições de rota apresentadas abaixo, qual descrição você prefere?



- 1) Siga em direção a cantina e vire para a direita nela
- 2) Após a segunda escada, siga para o lado oposto a papelaria
- 3) Passe pelo equipamento de incêndio e vire à direita



- 1) Siga em direção a cantina e vire para a direita nela
- 2) Siga em frente até o final do corredor
- 3) Siga para o lado oposto a papelaria

C

D

Salvar

CENÁRIO 4 – MARCOS DE REFERÊNCIA E PONTOS DE INTERESSE

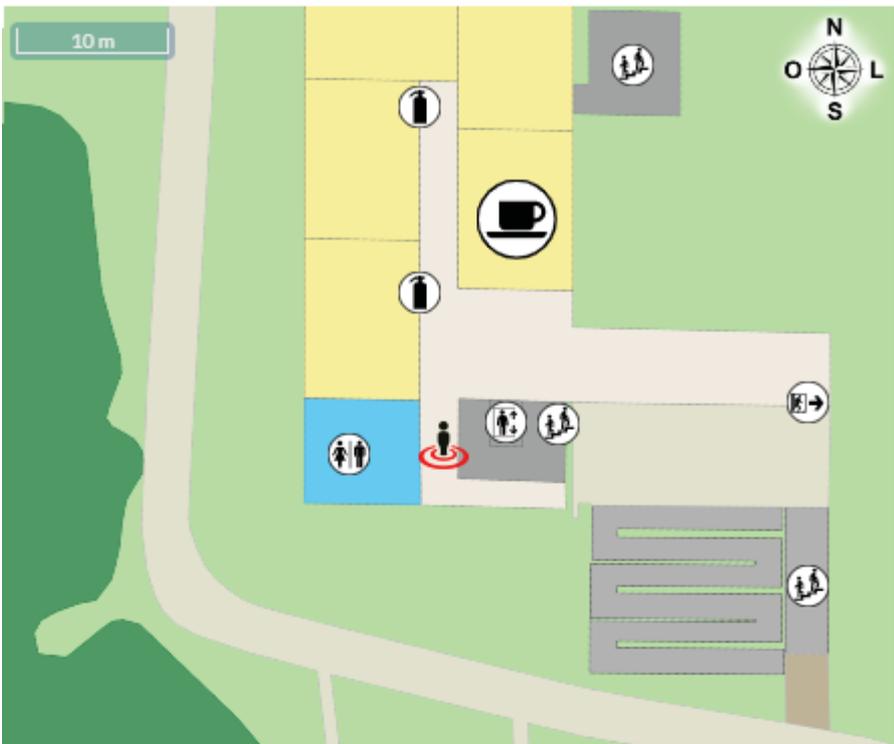
ROTA RUBENS MEISTER



Considerando que você está parado e olhando de frente para o banheiro, siga as instruções abaixo:

- 1) Siga para a esquerda em direção ao elevador e em seguida vire à direita
- 2) Vá até o final do corredor e vire à esquerda
- 3) Depois da cantina e vire para a direita
- 4) Após a segunda escada, siga para o lado oposto a papelaria
- 5) Passe pelo equipamento de incêndio e vire à direita
- 6) Após as portas de saída vire à direita novamente
- 7) Vire para esquerda, depois da porta de saída vire para a esquerda novamente
- 8) Vire para a direita e passe em frente a biblioteca, e passe na passarela
- 9) A frente estará o seu destino

ROTA BIOLÓGICAS



10 m

Pausar

Desenhar

Finalizar

Considerando que você está parado e olhando de frente para o banheiro, siga as instruções abaixo:

- 1) Siga em direção a cantina
- 2) Vire à direita e depois da escada vire à direita na porta de saída
- 3) Passe pela escada e atravesse a passarela
- 4) Entre a esquerda, e no banheiro vire à direita em direção a papelaria
- 5) Após passar a papelaria vire para a esquerda na escada
- 6) Depois do terceiro hidrante caminhe em direção a cantina
- 7) Passe em frente a cantina e vire à esquerda
- 8) A frente estará o seu destino

QUESTIONÁRIO

Qual o seu grau de familiaridade com o ambiente dessa tarefa?

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Qual foi seu nível de dificuldade ao relacionar as instruções com o ambiente, ao realizar a tarefa do traçado de rota?

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Quantifique a sua necessidade de consultar instruções anteriores para se certificar de que estava no local correto

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito alto

Tente descrever detalhadamente a rota que você acabou de traçar, como se você a estivesse explicando para alguém que precisa percorrer o mesmo caminho.

Quais elementos do interior dos edifícios você lembra de ter visto no mapa?

Qual era o destino final da rota?

Dentre as descrições de rota apresentadas abaixo, qual descrição você prefere?

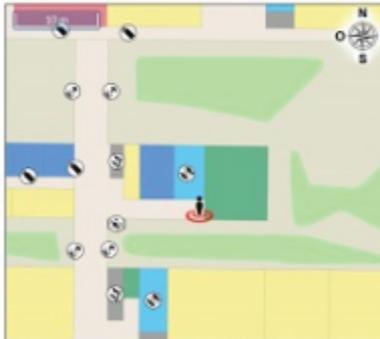


1) Siga em direção a cantina e vire para a direita nela

2) Após a segunda escada, siga para o lado oposto a papelaria

3) Passe pelo equipamento de incêndio e vire à direita

C



1) Siga em direção a cantina e vire para a direita nela

2) Siga em frente até o final do corredor

3) Siga para o lado oposto a papelaria

D

Salvar