

# Uma Representação Visual para Gerenciamento de Emergências em Ambientes Fechados

Flavio Ramon Lopes da Paixão Nunes<sup>\*</sup>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia da Bahia  
Rua Emídio dos Santos, S/N  
Barbalho, Salvador, Bahia  
f.ramon\_paixao@hotmail.com

Renato Lima Novais<sup>†</sup>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia da Bahia  
Rua Emídio dos Santos, S/N  
Barbalho, Salvador, Bahia  
renato@ifba.edu.br

## RESUMO

O ser humano passa mais tempo em ambientes *indoor* (“fechado”) como casas, escolas e empresas, do que em ambientes abertos, como ruas e avenidas. Surgiram preocupações relacionadas ao gerenciamento emergencial em lugares os quais as pessoas passam o maior tempo de suas vidas. Uma solução computacional para gerenciamento de emergência em ambiente fechado deve priorizar as características peculiares do mesmo. Representações visuais de ambientes fechados podem auxiliar equipes de resgate em salvamentos. Informações sobre a localização e as características de pessoas podem ser obtidas por meio de representações visuais. Informações atualizadas sobre vítimas imersas em ambientes *indoor* são fundamentais para o salvamento das mesmas. Este trabalho apresenta uma solução visual para suporte a tomada de decisão em situações emergências que ocorram em ambientes fechados. As representações visuais são elaboradas pela aplicação web, VisEm. Esta é integrante do Sistema de Gerenciamento de Emergência para Ambientes Fechados (SGEAF). A aplicação disponibiliza imagens resultantes de monitoramentos de ambientes *indoor*. As representações visuais produzidas pela VisEm são representações visuais da planta baixa de um ambiente monitorado, da localização e do histórico de posições de pessoas. Um estudo de avaliação conduzido destacou a efetividade da representação visual produzida para um contexto de salvamento.

## Palavras-Chave

Representação visual, Ambiente *indoor*, Emergência

## 1. INTRODUÇÃO

Observa-se que o ser humano vive a maior parte da sua vida em ambientes fechados. Escola, fábrica, empresa e indústria

são exemplos desse tipo de ambiente. Para Narciso, Maslin-kiewicz e Freitas [15] muitas pessoas chegam a passar mais de 80% de seu tempo em ambientes fechados, enquanto que Castro [3] reporta que esse número poderá chegar a 92%. Esta realidade traz a tona preocupações referentes à segurança nesses ambientes. Acidentes, em indústrias de produtos químicos, são casos típicos que trazem reflexões sociais quanto à necessidade da criação de soluções computacionais que auxiliem forças operacionais no processo de salvamento e resgate de corpos em uma ocorrência emergencial.

Emergência é a “situação que exige uma intervenção imediata de profissionais treinados com equipamentos adequados, para que danos e prejuízos sejam evitados ou minimizados” [12]. Sabendo da grande aplicabilidade da computação nas atividades humanas [14], observa-se que pessoas poderiam ser salvas em emergências ocorridas em ambientes fechados, se o processo de gerenciamento de emergência tivesse o auxílio de tecnologias computacionais, as quais fornecessem uma representação visual do ambiente onde se instalou a emergência, com o objetivo de auxiliar equipes de resgate na tomada de decisões. Lugon [12] explica que o chefe da equipe de resgate é o responsável por definir as técnicas mais adequadas de acordo com as características de uma emergência. Para Lugon [12], a estratégia é a decisão sobre a escolha e forma de emprego do conjunto de técnicas, as quais serão utilizadas no combate à emergência, seja ela de combate a incêndio, busca e salvamento, atendimento pré-hospitalar ou todas elas combinadas. Por meio de imagens, a VisEm auxilia equipes de resgate na definição de estratégias de salvamento de pessoas imersas em ambientes fechados.

Dentre as soluções visuais para emergências disponíveis, Lopes [11] apresenta uma representação visual 3D de um ambiente fechado em situações de emergência e pós-emergência. A solução visual apresentada por Lopes [11] é elaborada por um sistema de gravação e reprodução de mídia 3D. Apesar de interessantes em um primeiro momento, representações 3D apresentam problemas de oclusão, existindo a possibilidade de alguns elementos gráficos estarem ocultos atrás de elementos da frente [13]. Oliveira [10] relata em seu trabalho uma solução visual, chamada de *AF* (*Augmented Firefighter*), para gerenciamento de emergência em ambientes fechados por meio da técnica de realidade aumentada. Uma das funções disponíveis no *AF* é a representação visual 2D do ambiente onde ocorre uma emergência. A representação mostra o local de ocorrência de fogo e a posição dos bom-

<sup>\*</sup>Graduando em Análise e Desenvolvimento de Sistemas

<sup>†</sup>Prof. Doutor em Ciência da Computação

beiros. A solução visual 2D, descrita por Oliveira [10], não apresenta a localização das pessoas as quais devem ser resgatadas, nem fornece o histórico de posições das mesmas. A localização de pessoas é fundamental para que sejam salvas em uma emergência.

O *GPS* (*Global Positioning System* - Sistema de Posicionamento Global) pode ser utilizado para localizar pessoas em ambientes abertos. Porém, para descrever a posição de pessoas imersas em ambientes *indoor* é necessário o desenvolvimento de uma solução computacional que priorize as características peculiares de ambientes fechados como saídas de emergência, paredes, objetos internos, etc. Sistemas que monitoram pessoas em um ambiente fechado podem descrever a posição e as características das mesmas através de áudio, texto ou imagem. As informações em formato visual são compreendidas mais facilmente pelo cérebro humano se comparada à sua forma textual. A representação visual de um ambiente fechado no qual ocorra uma emergência é fundamental às decisões das equipes de salvamento.

Este trabalho descreve uma solução visual para suporte à tomada de decisão em situações emergenciais. A aplicação web, VisEm, constrói representações visuais de ambientes fechados e de pessoas para um contexto emergencial. As representações visuais criadas pela VisEm mostram a planta baixa de um ambiente fechado e a localização das pessoas inseridas no mesmo. Os profissionais da área de salvamento e gerenciamento de emergência podem tomar ações com um maior nível de precisão por meio da análise de imagens da VisEm.

Uma avaliação foi feita para analisar a utilidade das representações visuais criadas pela VisEm. Através do estudo foi possível observar a efetividade da mesma para um contexto de salvamento. Porém, os participantes do estudo sugeriram alterações para tornar as representações visuais mais compreensíveis a um contexto emergencial. Os resultados do estudo contribuíram para uma nova representação visual a qual pode ser mais útil a situações emergenciais.

Além desta Introdução, este trabalho está organizado como segue, a Seção 2 discute os principais tópicos relacionados a pesquisa desenvolvida neste trabalho. A Seção 3 descreve como desenvolver uma solução visual para gerenciamento de emergências em ambientes fechados. A Seção 4 demonstra os resultados obtidos na avaliação da VisEm. A Seção 5 apresenta os novos critérios para representação visual de pessoas. A Seção 6 trata dos trabalhos relacionados a sistemas de representação visual para situações emergenciais. A Seção 7 discorre sobre as lições obtidas no desenvolvimento da VisEm e os trabalhos futuros.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção discute os principais tópicos relacionados a pesquisa desenvolvida neste trabalho, bem como alguns termos utilizados no mesmo.

### 2.1 Visualização de Informação

A visualização de informação é a área da ciência da computação que representa dados através de elementos visuais. A visualização de informação fornece métodos para se construir soluções visuais que permitam as pessoas tomarem de-



Figura 1: Mapeamento de valores numéricos a comprimentos de barras [13].

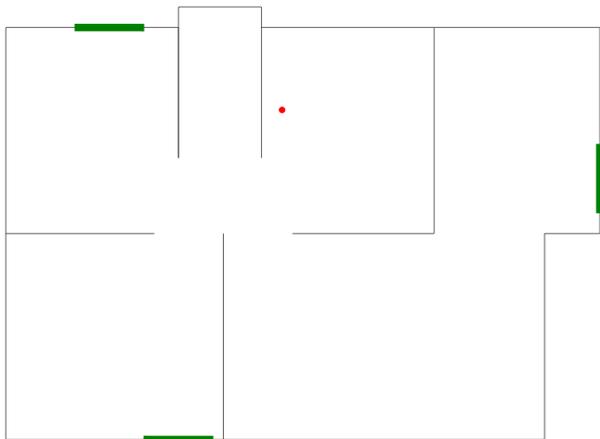
cisões. A informação tem crescido enormemente na última década. Os avanços tecnológicos, a globalização da economia e da comunicação têm trazido às pessoas o que estudiosos chamam de poluição de informação. Na verdade, existe um aumento de dados e não de informação. Por meio dos dados, as pessoas constroem informações para as suas atividades familiares, trabalhistas, pessoais, etc. Por isso, é importante a existência de técnicas que permitam as pessoas obterem informações de forma rápida e precisa [13].

Visualização é a “transformação de conceitos abstratos em imagens reais ou mentalmente visíveis” [4]. Informação é “dados acerca de alguém ou de algo. É a coleção de fatos ou de outros dados fornecidos à máquina, a fim de se objetivar um processamento” [4]. “Visualização de informação provê métodos e ferramentas as quais organizam e representam dados para finalmente produzir informação. Historicamente era considerada como um setor da disciplina geralmente conhecida como ‘interação humano-computador’, somente há 10 anos tem sido considerada como disciplina em si. A expressão visualização de informação foi inventada pelos pesquisadores da Xerox PARC no fim dos anos 80, para distinguir uma nova disciplina preocupada com a criação de artefatos visuais. Alguns autores usam o termo visualização para referir tanto a representação visual impressa como o processo cognitivo de compreensão de uma imagem. As representações visuais permitem às pessoas entenderem sistemas complexos, tomarem decisões e encontrarem informações que permaneceriam ocultas nos dados.” [13]

Na Figura 1, as linhas horizontais de cor azul são proporcionais aos números que estão à sua esquerda. Se olharem somente para os números da esquerda, esquecendo-se das barras azuis à direita, para determinar os valores máximos e mínimos, a mente humana faria um exercício cognitivo comparando valor a valor. Esse processo requer tempo e consumo mental. Se utilizarem somente as barras azuis, esquecendo-se dos números à sua esquerda, para definir os valores máximos e mínimos, em uma única observação seria possível obter esta informação por meio da percepção visual humana. A Figura 1 é um exemplo de que uma imagem é mais eficaz que um texto escrito no processo de comunicação. As representações visuais ajudam as pessoas a entenderem conceitos que, se expressos verbalmente, seriam mais difíceis

Posição X	Posição Y
4	1.5
4	2
4	2

**Tabela 1: Posições de uma Pessoa dentro de um ambiente fechado**



**Figura 2: Representação Visual de uma Pessoa dentro de um ambiente fechado**

de compreenderem [13]. As propriedades gráficas são rapidamente e eficientemente tratadas pela percepção visual. Por meio desta, o ser humano detecta atributos visuais como cor, tamanho, proximidade e movimento, antes do complexo processo cognitivo humano funcionar [13]. Uma representação visual bem construída, para um determinado fim, permite às pessoas obterem informações mais rapidamente e simultaneamente. Assim é possível encontrar em uma coleção de dados, o maior e o menor valor, a existência de relações entre dados, agrupamentos, tendências, lacunas ou valores interessantes [13].

É muito mais rápido para o cérebro humano compreender imagens do que uma grande quantidade de texto escrito referente a um dado. Tratando-se de situações emergenciais, a rapidez com que um caso é tratado por equipes de resgate é fundamental para salvar vidas.

### 2.1.1 Exemplo de uma Representação Visual

A Tabela 1 contém dados, do posicionamento de uma pessoa, relacionados a um ambiente fechado. A coluna Posição X refere-se a localização da pessoa em relação a um suposto eixo X. A coluna Posição Y refere-se a localização da pessoa em relação a um suposto eixo Y. Baseando-se nos dados da segunda linha da Tabela 1, (Posição X: 4 e Posição Y: 1.5), obtêm-se a seguinte informação na forma textual, uma pessoa encontra-se na posição 4 do eixo X e na posição 1.5 do eixo Y de um ambiente fechado. A Figura 2, criada pela VisEm, descreve essa mesma informação por meio da representação visual da pessoa e do ambiente fechado no qual ela se encontra. As linhas pretas da Figura 2 representam as paredes do ambiente fechado, os retângulos verdes são as saídas de emergência e o círculo vermelho representação a



**Figura 3: A continuidade da compreensão, segundo Nathan Shedroff [13].**

posição, (X:4, Y:1.5), da pessoa dentro do ambiente fechado. Nesta representação não preocupou-se em determinar quais são as saídas convencionais. A informação sobre a localização da pessoa, na forma textual, sobrecarrega a capacidade cognitiva da equipe de resgate em uma emergência. A informação na forma visual fornecida pela VisEm é compreendida mais facilmente que a forma textual. A demora em se compreender, a informação na forma textual sobre a posição da vítima, poderá trazer danos a esta ou até mesmo levá-la a morte. Enquanto que a rapidez em se compreender, a informação na forma visual sobre a posição da vítima, poderá permitir o salvamento de pessoas ou a minimização de danos a mesma.

### 2.1.2 Continuidade da Compreensão

Nathan Shedroff [13] analisa como o processo da compressão de dados se sucede, o qual é delineado na Figura 3. Shedroff [13] nomeia este processo de ‘continuidade da compreensão’ e o descreve como a continuidade que gera informação de dados. A informação pode ser transformada em conhecimento e finalmente em sabedoria [13].

“Dados são entidades que em si mesmos, faltam significados. Eles constituem os tijolos com os quais se constroem a informação e os processos comunicativos. Dados sozinhos não são o suficiente para estabelecer um processo comunicativo. Para dar significado aos dados, primeiro eles devem ser processados, organizados e apresentados em um formato apropriado. A transformação e manipulação dos dados produzem informação, a qual “é realizada em uma forma significativa, representando-a em modos apropriados e comunicando o contexto no qual está envolvida”. O conhecimento surge a partir da integração da informação com a experiência. Quando se tem experiência, adquire-se o conhecimento com o qual se é capaz de compreender coisas. O desenvolvimento do conhecimento deve ser o principal objetivo de um processo comunicativo. Sabedoria é o mais alto nível da compreensão. Ela pode ser definida como a etapa na qual uma pessoa adquiriu certo nível avançado de conhecimento. A sabedoria, segundo Shedroff [13], é o meta-conhecimento por meio do qual é possível expressar julgamento qualificado sobre os dados. Ao contrario do conhecimento, a sabedoria não pode ser diretamente transmitida ou ensinada [13]”.

Mazza [13] explica que a visualização de informação está localizada entre dados e informação. A visualização fornece os métodos e ferramentas os quais organizam e representam dados para finalmente produzir informação [13]. A VisEm

é uma aplicação computacional a qual transforma dados em uma representação visual por meio de métodos. O objetivo da aplicação é informar a equipes de resgate a posição e estado das pessoas de um ambiente fechado em situações emergências. A informação sobre a localização das pessoas, transmitida à equipe de salvamento e unida à experiência técnica da equipe, pode gerar conhecimento a esta. Por meio do conhecimento, a equipe de salvamento tomará decisões seguras e condizentes com as técnicas de busca e salvamento. O chefe da equipe de resgate, por meio de sua elevada experiência, poderá julgar os dados da representação visual fornecida pela VisEm. Ele poderá fazer inferências complexas como imaginar quais serão as futuras posições de uma pessoa imersa em um ambiente fechado, baseando-se no histórico de posições das vítimas.

### 2.1.3 Propriedades Fundamentais dos Diagramas

Robert Spence [13] explica que o processo de visualizar dados, (significando a ação de observar uma representação visual), é uma atividade cognitiva a qual pessoas constroem modelos mentais dos dados. O termo “modelo mental” é principalmente usado por estudiosos da psicologia cognitiva para descrever como humanos constroem conhecimento do mundo a sua volta [13]. A psicologia cognitiva define modelo mental como uma espécie de “codificação interna” do cérebro do mundo exterior [13]. No artigo, “*Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words*”, de Larkin Simon, foi feito um estudo comparativo entre diagramas versus o equivalente a descrição textual [13]. A conclusão é que diagramas são expressivamente mais eficazes devido a três propriedades [13]:

#### Localização

“Em toda representação visual, cada elemento tem seu lugar” [13]. Na Figura 2, observa-se que os elementos da representação visual possuem locais definidos na imagem. Existem três saídas de emergências representadas por retângulos verdes, dos quais um está localizado no canto esquerdo superior da Figura 2. A partir da representação visual é possível identificar a localização e a distância de uma pessoa em relação às paredes do ambiente fechado.

#### Classificação Minimizada

“Esta propriedade é ligada à habilidade do ser humano de reconhecer informação representada em formato visual, sem a necessidade de uma descrição detalhada em forma textual. É melhor ainda se esta informação se assemelha, como possível, ao atual mundo que se deseja representar” [13]. Na Figura 2, as linhas pretas da planta baixa se assemelham às paredes reais de um ambiente fechado visto de cima. Sem a necessidade de uma descrição textual, o usuário da VisEm saberá que as linhas pretas representam as paredes internas e externas do ambiente fechado. Por convenção, as pessoas são representadas na solução visual da VisEm por meio de círculos e triângulos.

#### Aprimoramento Perceptual

Através desta propriedade, “pode-se processar uma grande quantidade de inferência perceptual através da representação visual, permitindo a escolha de relações e dependências entre dados muito naturalmente” [13].

Por meio da solução visual fornecida pela VisEm, sabe-se em qual lugar do ambiente fechado existe o maior número de pessoas sem deficiência, quais pessoas estão há muito tempo paradas na mesma posição, entre outras relações. Para resgatar uma pessoa, a equipe de resgate pode saber por meio da representação visual da VisEm qual é a saída de emergência mais próxima a pessoa.

### 2.1.4 Visualização de Informação e Visualização Científica

A disciplina visualização pode ser dividida em dois principais segmentos: visualização de informação e visualização científica. De acordo com Mazza [13], “dados em si mesmos podem ter uma grande variedade de formas, mas é possível distingui-los entre dados que têm um correspondente físico e são rigorosamente relatados em modelos e estruturas matemáticas, (por exemplo, o fluxo do ar circundante à asa de um avião durante o voo ou a densidade do buraco da camada de ozônio sobre a terra) e dados que não possuem nenhum correspondente no espaço físico os quais são denominados de dados abstratos. Apesar do nome, dados abstratos sempre tratam de dados concretos, frequentemente resultantes de alguma atividade gerada por humanos, mas não correspondem a objetos físicos localizados em uma parte do espaço. Visualização científica trata de dados que possuem um correspondente no espaço físico, enquanto que visualização de informação lida com a representação visual de dados abstratos que não têm necessariamente uma dimensão espacial. Visualização científica objetiva representar visualmente os resultados de experimentos científicos ou fenômenos naturais”.

Mazza cita duas condições para que uma representação visual pertença à visualização científica; os dados tratados devem ser dados físicos e o objetivo da representação visual é demonstrar o resultado de experimentos científicos ou fenômenos naturais. Apesar dos dados das dimensões das paredes e das saídas de emergência da planta baixa estarem relacionados a correspondentes no espaço físico, a imagem elaborada pela VisEm não tem por fim apresentar resultados de experimentos científicos ou fenômenos naturais. A VisEm é uma aplicação da área da visualização de informação, pois aquela busca informar a posição e as características de uma pessoa em um ambiente fechado.

### 2.1.5 O Processo de Gerar uma Representação Gráfica

Softwares dedicados à criação de representações visuais de dados abstratos, para Mazza [13], ainda que eles diferem grandemente entre si, todos seguem um processo de geração o qual é descrito na Figura 4. Mazza [13] descreve uma sequência de três estágios sucessivos na criação de um artefato visual:

1. Pré-processamento e Transformações de dados.
2. Mapeamento Visual.
3. Criação da Visão.

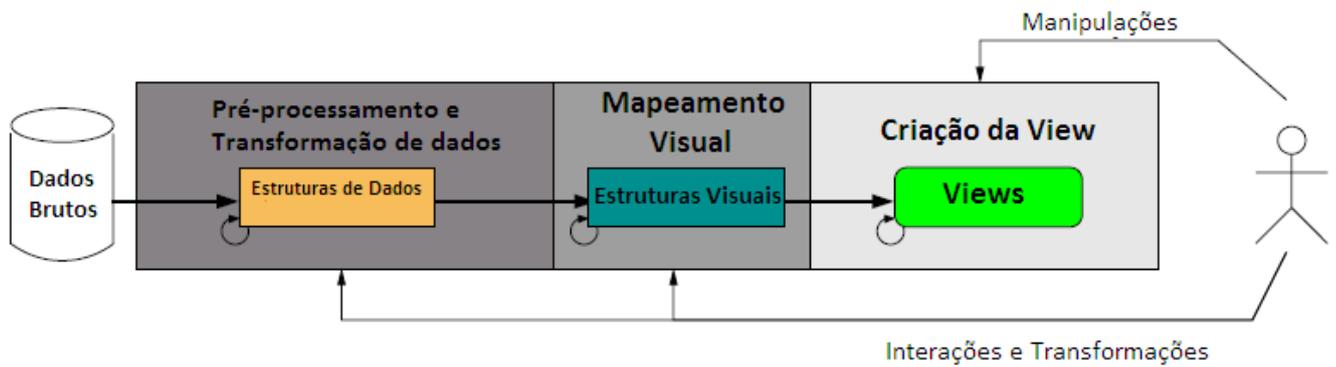


Figura 4: O processo de gerar uma representação gráfica [13].

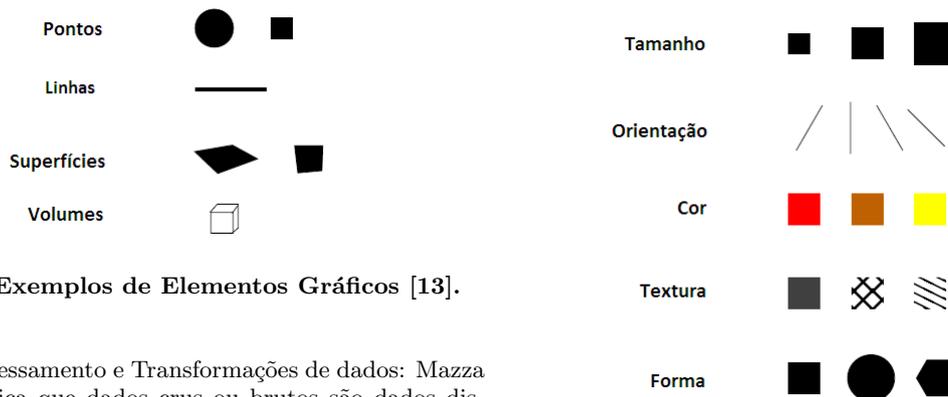


Figura 5: Exemplos de Elementos Gráficos [13].

Figura 6: Exemplos de Propriedades Gráficas [13].

1. Pré-processamento e Transformações de dados: Mazza [13] explica que dados crus ou brutos são dados disponíveis no mundo. Arrumar dados em tabelas é a forma mais comum para tratar com dados brutos, pois a forma tabular é uma maneira eficaz para que um software leia e processe dados [13].

2. Mapeamento Visual é o processo no qual se define a estrutura visual correspondente ao dado que se deseja representar visualmente. Mazza [13] descreve três estruturas que devem ser definidas no processo de mapeamento visual:

(a) Substrato Espacial: “define as dimensões do espaço físico onde a representação visual é criada. A estrutura espacial pode ser definida em termos de eixos. No plano Cartesiano, o substrato espacial corresponde aos eixos X e Y. Cada eixo pode ser de diferentes tipos, dependendo do tipo de dados que se queira mapear no eixo. Um eixo pode ser quantitativo, quando existe uma associação métrica para valores reportados no eixo. Um eixo pode ser ordinal, quando os valores são reportados no eixo em uma ordem que corresponda à ordem dos dados. E um eixo pode ser nominal, quando a região de um eixo é dividida dentro de uma coleção de sub-regiões sem nenhuma ordem intrínseca” [13].

(b) Elementos Gráficos: “são todas as coisas visíveis que aparecem no espaço. Existem quatro tipos possíveis de elementos visuais: pontos, linhas, superfícies e volumes” [13], os quais podem ser vistos na Figura 5.

(c) Propriedades Gráficas: “são propriedades dos elementos gráficos para os quais a retina do olho humano é muito sensível. Por está razão, eles também são chamados de variáveis de retina. As propriedades gráficas mais comuns são tamanho, orientação, cor, textura e forma” [13], as quais podem ser vistas na Figura 6.

3. Criação da Visão: “as visões são o resultado final do processo de geração. Elas são o resultado do mapeamento da estrutura do dado à estrutura visual, gerando uma representação visual no espaço físico representado pelo computador. Elas são aquilo que se ver na tela do computador” [13].

## 2.2 Gerenciamento de Emergência

Gerenciar é “fazer a gestão de, gerir ou administrar” [6]. Emergência é a “situação crítica ou fortuita que representa perigo à vida, ao meio ambiente e ao patrimônio, gerando um dano continuado que obriga uma imediata intervenção operacional” [12]. Gerenciamento de emergência é o conjunto de técnicas e ações que objetiva conter ou solucionar uma situação a qual poderá causar danos a pessoas e a bens materiais.

O bombeiro deve avaliar e dimensionar a situação emergencial. Segundo Lugon [12], “o gerenciamento de uma operação

de bombeiros é um processo de difícil manejo, pois, de forma geral, todos estão nervosos, a comunicação se torna problemática e muitos profissionais querem colocar em prática os seus próprios planos. Um dos maiores problemas é a coordenação de uma quantidade ilimitada de fatores. Portanto, o dimensionamento da cena deve ser sistemático para que não haja problemas como a falta de disciplina tática e emprego inadequado de recursos”. Por meio da representação visual de uma cena, a VisEm fornece informações referentes a pessoas contidas em um ambiente fechado para que equipes de salvamento possam avaliar e dimensionar uma situação emergencial.

“O plano de emergência é um documento que expressa o planejamento de resposta a uma determinada ocorrência em uma edificação. Contempla as prováveis emergências que poderão ocorrer e os procedimentos que deverão ser adotados” [12]. O plano de emergência é um conjunto de orientações para uma possível emergência. A VisEm não é uma solução computacional para auxiliar na elaboração de planos emergenciais, (documento planejado que descreve formas de salvamento dentro de uma organização caso ocorra uma emergência), mas visa ajudar equipes de resgate no momento que a emergência acontece. A VisEm produz uma representação visual do ambiente monitorado antes, durante e após uma situação emergencial.

### 2.2.1 Responsabilidades do Chefe da Equipe de Resgate

Em uma emergência, o chefe da equipe de resgate é o profissional responsável pelo planejamento, organização, direção e controle de sua equipe [12]. No planejamento, define-se um plano de ação, o qual contém os objetivos e as estratégias de combate a uma emergência [12]. No processo de controle, avalia-se o desempenho das equipes e corrige-se ações, de forma a assegurar o cumprimento dos objetivos anteriormente traçados no processo de planejamento [12]. O processo de controle objetiva garantir a execução do planejamento [12]. Das quatro funções básicas do chefe de equipe, a VisEm o auxilia no processo de planejamento e controle. A representação visual, produzida pela aplicação, será consultada pelo chefe da equipe para que se defina, por exemplo, em quais saídas de emergência do ambiente fechado a equipe de salvamento entrará para resgatar uma pessoa. No decorrer de um salvamento, é comum haver mudanças no estado interno de um ambiente monitorado e planos deverão ser revisados pela equipe de resgate, uma vez que as operações de bombeiro, por serem dinâmicas, necessitam constantemente de uma reavaliação para correção ou mudança de ações que inicialmente eram efetivas, mas deixaram de ser com o passar do tempo [12]. De forma arbitrária, admitiu-se que a VisEm atualiza a representação visual a cada vinte segundos. A imagem atualizada do ambiente monitorado pode ser utilizada pela equipe de resgate para que esta reavalie as suas ações.

### 2.2.2 A Importância da Comunicação em um Emergência

O chefe de equipe deverá manter e controlar o processo de comunicação, ao chegar ao local da emergência [12]. Lugon [12] descreve princípios da boa comunicação como ser breve e específico, evitar comportamentos que possam distrair a

atenção dos ouvintes, priorizar as mensagens e usar os códigos padronizados pela organização a qual a equipe pertence. Uma representação visual para gerenciamento de emergências não deve omitir informações, nem possuir informações desnecessárias a um contexto emergencial. A representação visual da VisEm fornece uma informação breve e específica para um contexto emergencial, evitando a distração do bombeiro com cores e imagens pouco úteis em uma situação emergencial. Por ser uma aplicação web, a representação visual produzida pela VisEm pode ser disponibilizada em uma rede interna de computadores ou até mesmo na Internet, para alcançar um maior número de interessados. Desta forma, os bombeiros podem se comunicar com o máximo de informações possíveis.

Segundo Lugon [12], “comunicar implica, portanto, a troca de mensagens coerentes entre os diversos intervenientes. A mensagem deve assumir a forma particular que garanta o sucesso da comunicação, isto é, que assegure a melhor transferência de informação. A prioridade é uma característica da mensagem muito importante para os bombeiros, pois está intimamente ligada à maior ou menor urgência da sua intervenção. As maiores prioridades (mensagens mais urgentes) estão associadas às comunicações relacionadas com operações de socorro e, dentro destas, às que se referem ao risco de vida”. Para que a comunicação da equipe de resgate ocorra de forma coerente ao contexto emergencial, é preciso que as informações transmitidas pelos bombeiros sejam fidedignas à real situação emergencial. As imagens da VisEm informam de maneira precisa e rápida a equipe de resgate quais são as necessidades de salvar uma pessoa em uma situação emergencial. Por meio da VisEm, o processo de comunicação entre os bombeiros pode ser mais eficaz, pois este pode ter uma informação correta sobre a situação do ambiente *indoor*; e mais eficiente, pois o bombeiro pode ter uma informação detalhada das características das pessoas imersas no ambiente fechado.

### 2.2.3 Prioridade de Salvamento por Faixa Etária

“Segundo o Estatuto da Criança e do Adolescente, é considerado criança o cidadão que tem até 12 anos incompletos. Aqueles com idade entre 12 e 18 anos são adolescentes. Esses cidadãos têm direito, ainda, ao atendimento prioritário em postos de saúde e hospitais e devem receber socorro em primeiro lugar no caso de acidente de trânsito, incêndio, enchente ou qualquer situação de emergência” [2]. Neste trabalho, adultos são pessoas que possuem idade acima de 18 anos até 59 anos. Idosos são pessoas com idade igual ou superior a 60 anos [16].

Segundo uma entrevistada da área de salvamento, existem prioridades para resgatar pessoas em um ambiente fechado. A prioridade é dependente do contexto emergencial, porém, assumindo-se que todas as pessoas de um ambiente *indoor* estão no mesmo estado clínico, deve-se salvar primeiro as pessoas que possuem estrutura física mais frágil como crianças, adolescentes e idosos, e por último as pessoas com estrutura física mais forte como os jovens e adultos.

### 2.2.4 Critérios de Salvamento

Inicialmente a VisEm representava visualmente faixas etárias como criança, adolescente, adulto e idoso por meio de quatro tamanhos diferentes. Quanto mais velho a pessoa

fosse, menor seria o elemento que a representa na imagem da VisEm. Segundo uma entrevistada da área de gerenciamento de emergências, o critério para salvar uma pessoa dependerá sempre do contexto emergencial. Em regra geral dá-se prioridade a salvar vidas que possuam uma estrutura física mais frágil como deficientes físicos, crianças e idosos, para só depois salvar vidas com uma estrutura física mais resistente como é o caso de jovens e adultos. Unido as informações da entrevistada com as técnicas de visualização de informação, a VisEm passou a criar representações visuais das faixas etárias da seguinte maneira, quanto maior a prioridade etária para salvar uma pessoa, maior será a figura geométrica que a representa.

Além da idade, segundo a entrevistada, outra variável que influencia no resgate de uma pessoa é saber se esta possui ou não deficiência. Na VisEm, círculos representam pessoas sem deficiência e triângulos representam pessoas com deficiência. Se todas as pessoas são deficientes em um ambiente monitorado ou se todas as pessoas não possuem deficiência, o atributo tamanho deve ser lido pelo usuário da aplicação sem se preocupar se as pessoas possuem ou não deficiência, pois, o critério utilizado para o salvamento continua sendo somente o fator idade. Porém, quando se tem em um ambiente fechado, no mesmo momento, a presença tanto de pessoas com deficiência como de pessoas sem deficiência, a VisEm continuará representado a prioridade de salvamento pelo atributo tamanho, mas, caberá a equipe de resgate definir quem será salvo primeiro, se serão as pessoas sem deficiência, com deficiência ou alternadamente. A equipe de salvamento decidirá, por exemplo, se salvará primeiro um adulto deficiente ou se salvará primeiro uma criança sem deficiência.

### 2.2.5 Critérios de Salvamento - Solução 1

Definiu-se a seguinte prioridade de salvamento: primeiro salvam as crianças, em segundo momento idosos são salvos, depois adolescentes e por fim adulto - 1º criança, 2º idoso, 3º adolescente, 4º adulto. Essa ordem de salvamento foi nomeada de Solução 1, a mesma foi definida pelas seguintes premissas: os primeiros que devem ser salvos são as crianças e idosos, por causa da fragilidade física inerente a tais faixas etárias. Entre estas, a criança deve ser salva primeiro que um idoso, pois aquela possui maior capacidade de reprodução da espécie humana que este. Após a criança e o idoso serem salvos, os adolescentes e adultos devem ser resgatados. O adolescente deve ser salvo primeiro que um adulto, pois aquele tem maior capacidade de reprodução da espécie humana que este. Desta forma, a figura geométrica que representa uma criança será maior que a figura geométrica a qual representa um idoso. A figura geométrica que representa um idoso será maior que a figura geométrica a qual representa um adolescente. A figura geométrica que representa um adolescente será maior que a figura geométrica a qual representa um adulto.

Como existe quatro faixas de idade, existiam quatro tamanhos diferentes que as representavam visualmente. O problema é que os quatro tamanhos diferentes das figuras geométricas eram tão parecidos, a ponto de confundirem os leitores da representação visual. Quem olhava para a representação visual tinha dificuldade de identificar a faixa etária de uma pessoa. A Solução 1 gerou uma representação visual

que forçava o processo cognitivo dos leitores.

### 2.2.6 Critérios de Salvamento - Solução 2

Com o objetivo de resolver o problema do sobrecarregamento cognitivo da Solução 1, definiu-se de Solução 2 uma nova prioridade para salvar vidas. Na Solução 2, primeiro salva-se crianças e adolescentes, em segundo momento idosos e por último os adultos. A Solução 1 tinha quatro diferentes tamanhos para representar pessoas. Enquanto que a Solução 2 desenvolveu três tamanhos diferentes, os quais são tamanho grande, médio e pequeno. Crianças e adolescentes são representadas pelo mesmo tamanho, grande, o qual é o maior tamanho alcançado por um figura geométrica utilizada na representação visual de pessoas. O idoso é representado pelo tamanho médio. O adulto é representado pelo tamanho pequeno, o qual é o menor tamanho de uma figura geométrica utilizada para representar pessoas. A Solução 2 diminuiu um nível de tamanho em relação a Solução 1. Tal modificação resultou em uma representação visual mais leve ao processo cognitivo humano.

### 2.2.7 Critérios de Salvamento - Solução 3

Pode ser definido ainda uma terceira solução, chamada de Solução 3, na qual o tamanho de uma figura geométrica variará por meio de um valor ponderado. Na Solução 3, inicialmente as figuras geométricas, que representam visualmente pessoas, teriam o tamanho igual a zero. De acordo com a sua idade e seu tipo de deficiência, seriam atribuídos as pessoas valores, os quais seriam somados ao valor do tamanho da figura geométrica que representa a pessoa. Por exemplo, seriam atribuídos aos idosos o valor +3, e às pessoas com deficiência nas pernas o valor +10. A figura geométrica, a qual representa um idoso, teria o valor de seu tamanho igual a 3, pois o valor inicial  $(0) + 3 = 3$ . Enquanto que a figura geométrica, a qual representa um idoso com deficiência nas pernas, teria o valor de seu tamanho igual a 13, pois o valor inicial, somado ao valor pelo fato dele ser idoso, somado ao valor de sua deficiência ser igual a  $13, 0+3+10 = 13$ . Quanto mais valores fossem atribuídos às pessoas, maior seria a sua prioridade de salvamento e conseqüentemente maior seria a figura geométrica que representa a pessoa.

## 2.3 Definição de termos

Esta subseção explica alguns termos utilizados neste trabalho.

### 2.3.1 Ambiente indoor e ambiente outdoor

Ambiente *indoor* é um local que cerca e envolve os seres vivos ou coisas, por todos os lados; cobrindo a parte superior dos indivíduos e objetos. Os termos ambiente fechado, ambiente interno e ambiente *indoor* são assumidos como sinônimos neste trabalho. Ambiente *outdoor* é uma área, possivelmente demarcada, que não envolve a parte superior dos indivíduos ou objetos. Os termos ambiente aberto, ambiente externo e ambiente *outdoor* são assumidos como sinônimos neste trabalho.

### 2.3.2 Planta baixa real e planta baixa virtual

Alguns dicionários definem os termos planta e planta baixa da seguinte forma:

- Planta é um “desenho ou traçado de uma cidade, edifício, etc. em projeção horizontal” [17].
- Planta é um “desenho em projeção horizontal de construções, aglomerados populacionais, etc.; plano” [6].
- Planta é um “desenho da projeção horizontal de um objeto, terreno, de parte de uma construção, etc.” [4].
- Planta baixa é uma “representação gráfica do corte horizontal de um edifício, e que passa, geralmente, acima do plano dos peitoris das janelas” [4].

Planta baixa real (PBR) é a planta baixa de um ambiente fechado impressa em papel ou material palpável, geralmente desenvolvida por profissionais da construção civil. Planta baixa virtual (PBV) é a planta baixa de um ambiente fechado produzida em alguma aplicação computacional, como no caso da VisEm, vista num monitor de computador ou equipamento similar. PBV geralmente é desenvolvida por profissionais da área da Tecnologia da Informação.

### 3. VISEM: UMA SOLUÇÃO VISUAL PARA GERENCIAMENTO DE EMERGÊNCIA EM AMBIENTES INDOOR

Este trabalho apresenta uma solução visual, fornecida pela aplicação VisEm, para gerenciamento de emergência em ambientes *indoor*. A VisEm faz parte do Sistema de Gerenciamento de Emergência para Ambientes Fechados (SGEAF), o qual coleta, armazena e processa dados referentes a um ambiente fechado e as pessoas contidas neste. A Figura 7 mostra a visão estrutural do SGEAF. Os sensores colhem dados de um ambiente fechado monitorado, dos quais podem ser escolas, empresas, indústrias, etc. Estes dados são armazenados no banco de dados. O módulo BD da VisEm faz parte do pré-processamento e transformação de dados. O módulo consulta ao banco de dados e grava o retorno da consulta em objetos *JSON*, os quais são um tipo de estrutura de dados. O módulo *JavaScript* é o responsável pelo mapeamento visual, o módulo relaciona os objetos *JSONs* a estruturas visuais como círculos, triângulos, linhas e retângulos. O resultado da transformação de objetos *JSON* em estruturais visuais resulta em uma representação visual, a qual pode ser vista na Figura 13. Views são as representações produzidas pela VisEm. De acordo com as informações contidas nos objetos *JSONs*, o módulo *JavaScript* produz diferentes estruturas visuais. A representação visual produzida pela VisEm objetiva ser compreensível a pessoas técnicas da área de gerenciamento de emergência. Não faz parte do escopo deste trabalho definir como os dados serão capturados do ambiente monitorado, nem como serão armazenados no banco de dados. Assume-se que os dados do monitoramento estão previamente armazenados no Sistema de Gerenciamento de Emergência para Ambientes Fechados. Por meio destes dados, a VisEm produz uma representação visual das pessoas e do ambiente monitorado.

Para produzir uma representação visual, a VisEm utiliza 3 principais conjuntos de dados:

- da planta baixa. Estes dados são referentes a largura total, o comprimento total e o comprimento das paredes da planta.

- pessoais como idade e se a pessoa possui ou não deficiência.
- da posição das pessoas em cada instante monitorado.

Conhecendo-se as dimensões de um ambiente *indoor* e a posição das pessoas que estão em tal área, é possível construir uma imagem que represente o ambiente *indoor* e as pessoas do ambiente monitorado pelo SGEAF. O local, no qual ocorre uma emergência, pode ser mais compreensível à equipe de salvamento por meio das representações visuais da VisEm. Desta forma, a aplicação auxilia o trabalho de equipes de resgate em situações emergenciais.

### 3.1 Biblioteca Paper JavaScript

A *Paper.js* disponibiliza meios para desenhar retas e figuras geométricas em páginas web. “*Paper.js* é uma biblioteca *JavaScript* de código fonte aberto que é executada sobre o elemento *Canvas* do *HTML5*. O pacote disponibiliza diversas funcionalidades para criar e trabalhar com gráficos vetoriais e curvas, tudo ordenadamente envolto em uma interface de programação limpa, consistente e bem projetada” [1].

A Figura 8 mostra as coordenadas do substrato espacial utilizadas pela *Paper.js* para posicionar desenhos em um página web. A biblioteca trabalha com o conceito de coordenadas X e Y, semelhante ao Plano Cartesiano, porém há uma peculiaridade na coordenada Y da *Paper.js*. Conforme a Figura 8, a biblioteca define a coordenada X como o eixo horizontal de uma página web, e a coordenada Y como o eixo vertical da mesma. Neste trabalho, assume-se como o início ou a origem das coordenadas X e Y, ( $X_0$  e  $Y_0$ ), o local mais a esquerda superior de uma página web. Neste ponto, os valores de X e Y são zeros. Os valores dos eixos estão na unidade de medida dimensão paper javascript (dpjs). Tendo ainda como referência uma página web, os valores do eixo X no PP aumentam da esquerda para a direita e os valores do eixo Y aumentam de cima para baixo. Para desenhar uma reta em uma página web com a biblioteca supracitada, é necessário saber os valores de X e Y dos pontos mais externos da reta. Para desenhar um retângulo é necessário saber a coordenada do seu vértice superior esquerdo e do seu vértice inferior direito. Para desenhar um círculo é necessário definir a coordenada correspondente ao ponto central do círculo. O tamanho do círculo dependerá do valor atribuído ao seu raio. Quanto maior o valor do raio, maior será o tamanho do círculo. Para desenhar um triângulo equilátero com a *Paper.js*, é necessário definir o tamanho e a coordenada que corresponderá a posição central do triângulo.

#### 3.1.1 Medidas Reais e Virtuais

Este trabalho define a dimensão paper JavaScript (dpjs) como a unidade de medida utilizada pela *Paper.js*. Os valores numéricos da dpjs pertencem a escala dos números racionais ( $Q$ ). Na elaboração de uma planta baixa real utiliza-se medidas de comprimento como o milímetro, o centímetro, o metro, etc. Para produzir uma planta baixa virtual com a biblioteca *JavaScript*, utiliza-se valores na unidade de medida dpjs.

# SGEAF

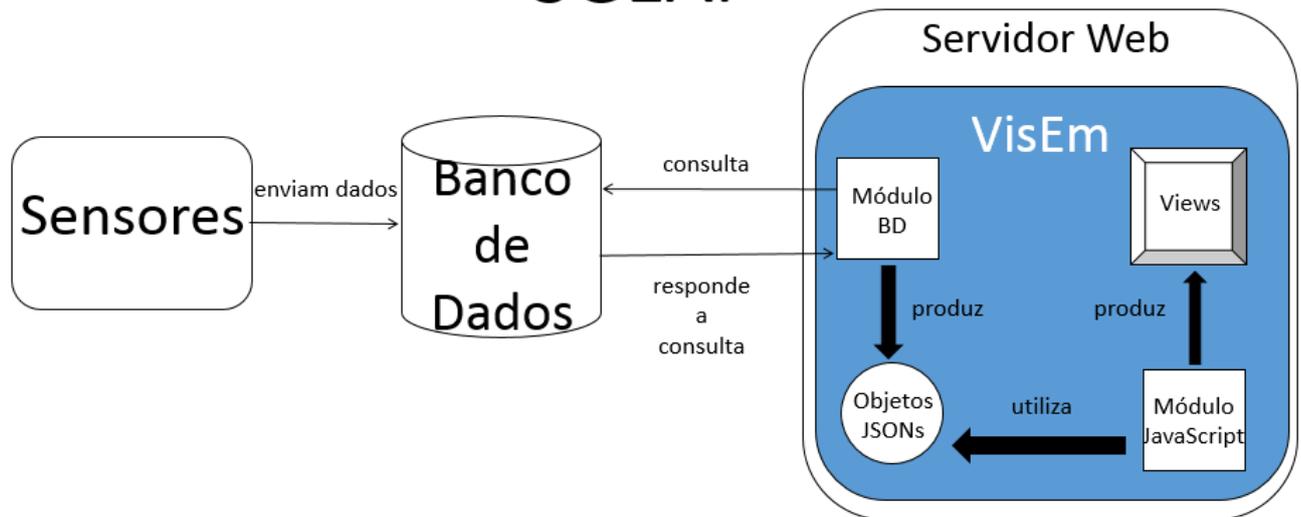


Figura 7: Visão Estrutural

## 3.2 JSON

“*JSON (JavaScript Object Notation - Notação de Objetos JavaScript)* é uma formatação leve de troca de dados” [9]. Objeto *JSON* é a estrutura de dados utilizada pela VisEm, pois o mesmo é um formato o qual não sobrecarrega a transferência de informações, além disso é de fácil interpretação tanto para máquinas como aos humanos. A rapidez com que os dados são tratados, em situações emergências, é fundamental para que equipes de resgate obtenham sucesso em suas ações. Dados referentes a planta baixa, a posição atual das pessoas e o histórico de posição das pessoas são registrados em objetos *JSON*. A VisEm lê estes objetos e produz a representação visual do ambiente *indoor* e das pessoas imersas neste.

### 3.2.1 JSON Vs XML

“*JSON* e *XML* representam duas importantes linguagens para a representação e troca de informações em aplicações Web” [7]. “*JSON* representa as informações de forma mais compacta. *JSON* é tipicamente destinado para a troca de informações, enquanto *XML* possui mais aplicações” [8].

No desenvolvimento da VisEm tornou-se necessário escolher uma estrutura de dados que permitisse transferir dados do banco de dados ao processo de mapeamento visual da aplicação. O *JSON* foi definido como a estrutura de dados utilizada pela VisEm.

## 3.3 Conversão de uma Planta Baixa Real em uma Planta Baixa Virtual

Esta seção descreve o passo a passo para converter uma planta baixa real em uma planta baixa virtual.

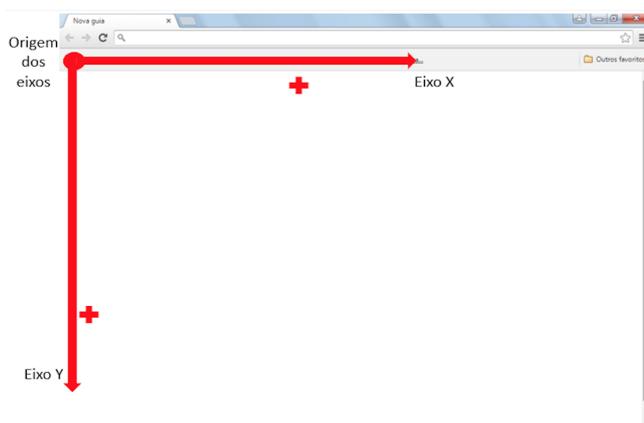


Figura 8: Coordenadas do Substrato Espacial

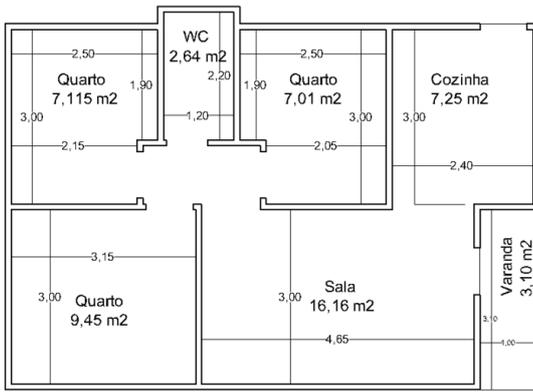


Figura 9: Planta baixa de um imóvel [5].

### 3.3.1 Critérios de uma conversão manual

Inicialmente, tentou-se relacionar o maior valor das coordenadas do substrato espacial da *Paper.js* correspondente a um ponto visto em uma página web, com o maior lado de uma planta baixa real. O primeiro passo foi descobrir o maior valor no eixo X em dpjs que correspondesse a um pixel em um monitor de 1024 x 768. O valor encontrado foi 999dpjs. Em seguida foi feito o mesmo procedimento para a coordenada Y, o valor encontrado foi 742dpjs. O maior valor encontrado nas coordenadas foi 999dpjs no eixo X. O segundo passo foi descobrir a relação de proporção entre o eixo X e o maior lado de uma planta baixa real. Chamou-se de *ratio* a relação entre a coordenada X e o maior lado de uma planta baixa real. Por meio dessa relação, foi possível traduzir medidas da PBR para a dpjs. Os cálculos desta tradução geraram números fracionários que deveriam ser aproximados. Pelo fato da conversão ainda ser feita manualmente, a aproximação dos números fracionários resultou na produção de uma planta baixa virtual desproporcional a planta baixa real.

### 3.3.2 Critérios de uma conversão automatizada

A conversão manual resulta em elaborar representações visuais que não mudarão de tamanho se diferentes dimensões de monitores forem utilizadas. Surgiu a ideia de automatizar o processo de conversão, da PBR à PBV, para monitores de qualquer dimensão. Para isso, a VisEm cria uma PBV automaticamente por meio da leitura do tamanho do elemento HTML, *Canvas*, e por meio dos valores correspondentes as dimensões da planta baixa real. O módulo *JavaScript* da VisEm lê os dados da PBR e gera uma planta baixa virtual, a qual pode ser vista em conformidade com a planta baixa real em monitores de qualquer dimensão.

### 3.3.3 Processo de Descrição

Após ser definido um critério de conversão na seção anterior, a planta baixa real é tratada pelo processo de Descrição. Este processo é constituído de três passos os quais fornecerão dados utilizados pelo módulo *JavaScript* na conversão de uma planta baixa real, Figura 9, em virtual. O primeiro passo é colocar a planta baixa real dentro do substrato espacial da *JavaScript*, conforme a Figura 10, colocando a origem dos eixos em cima da região mais a esquerda superior da PBR. O segundo passo é descrever na planta baixa real as coordenadas, (X, Y), dos pontos mais externos das retas da planta, conforme a Figura 11. Não existe a necessidade

de descrever a unidade de medida utilizada na confecção da PBR, o processo de Descrição é válido para qualquer unidade de comprimento. Porém, todo o segundo passo do processo de Descrição deve ser feito em uma única unidade de medida, para garantir que as proporções entre a PBR e PBV sejam mantidas. No exemplo da Figura 11, o processo de Descrição foi feito em metros, já que a planta baixa está em metros. O terceiro e último passo do processo é descrever a largura (*width*) e a altura (*height*) total da planta baixa real, conforme a Figura 12.

### 3.3.4 Constantes de manutenibilidade visual

Esta subseção detalha como obter uma PBV proporcional à real e como corrigir erros nas representações visuais. Este trabalho define as constantes *ratio*, *margin*, e *clearance* como constantes de manutenibilidade visual. Objetiva-se com o uso destas manter a qualidade das representações visuais da VisEm.

Chama-se de *ratio* a relação de proporção entre a planta baixa real e virtual. A *ratio* garante que a planta baixa virtual terá dimensões proporcionais a PBR. Essa relação é obtida por meio da divisão entre o maior lado do monitor e o maior lado da planta baixa real. Geralmente o maior lado do monitor é o valor da largura (*width*), o qual corresponde ao valor da largura do elemento *Canvas*. O maior lado da planta baixa real será a largura (*width*) ou a altura (*height*) da mesma, conforme o processo de Descrição.

A fórmula da *ratio* é obtida por meio do seguinte cálculo:

$$ratio = \frac{\text{o maior lado do monitor}}{\text{o maior lado da planta baixa real}}$$

ou

$$ratio = \frac{\text{largura (width) do monitor}}{\text{largura (width) ou altura (height) da planta baixa real}}$$

A *ratio* é obtido por meio de uma regra de três simples. É o valor em dpjs para 1 unidade da medida de comprimento utilizada na confecção da planta baixa real. Ex.: 113, 522727 dpjs da PBV corresponde a 1m da PBR. Para construir as retas da planta baixa virtual, a VisEm multiplica os valores obtidos no processo de Descrição com o valor da *ratio*. Ex.: 7.8m x *ratio* = Z dpjs. As retas mapeadas próximas ao eixo origem, ( $X_0$  e  $Y_0$ ), das coordenadas do substrato espacial da *Paper.js* não são bem visualizadas. Para resolver esse problema, afasta-se as retas da PBV da origem dos eixos, por meio da soma da constante *margin* com o valor resultante da multiplicação do passo anterior,  $Z + margin$ . Após o uso da constante *margin*, as retas da PBV próximas ao eixo origem passaram a ser melhor vistas. Porém, a PBV tornou-se maior que a tela do monitor, o lado oposto ao eixo origem deixou de ser visível. Utiliza-se a constante *clearance* para solucionar esse novo problema. A constante é responsável por diminuir a planta na tela do monitor, subtraindo um dos valores dos atributos largura (*width*) ou altura (*height*) do elemento *Canvas*, (*width* menos *clearance* ou - *height* do *Canvas* menos *clearance*). As paredes, de uma PBV, são visíveis em um monitor de 1024 x 768 quando as constante *margin* e *clearance* assumem, respectivamente, os valores 5 e 17. Para garantir que os demais elementos da PBV estejam localizados no local correto da PBV, as constantes *ratio* e

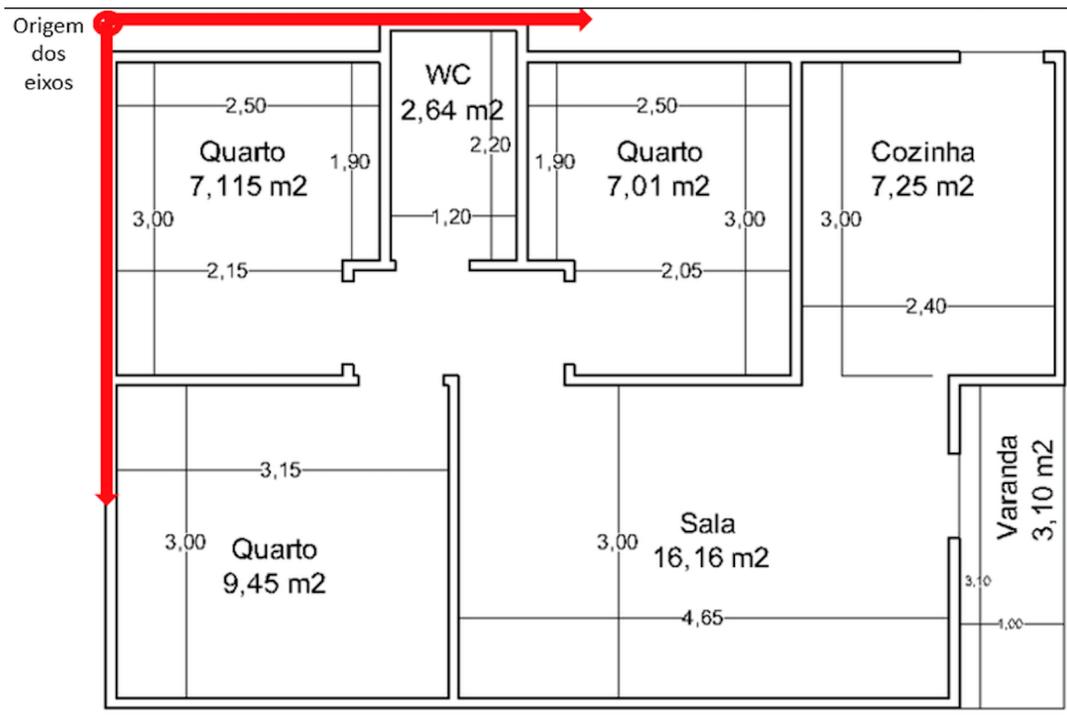


Figura 10: Planta baixa dentro do Substrato Espacial do Paper.js

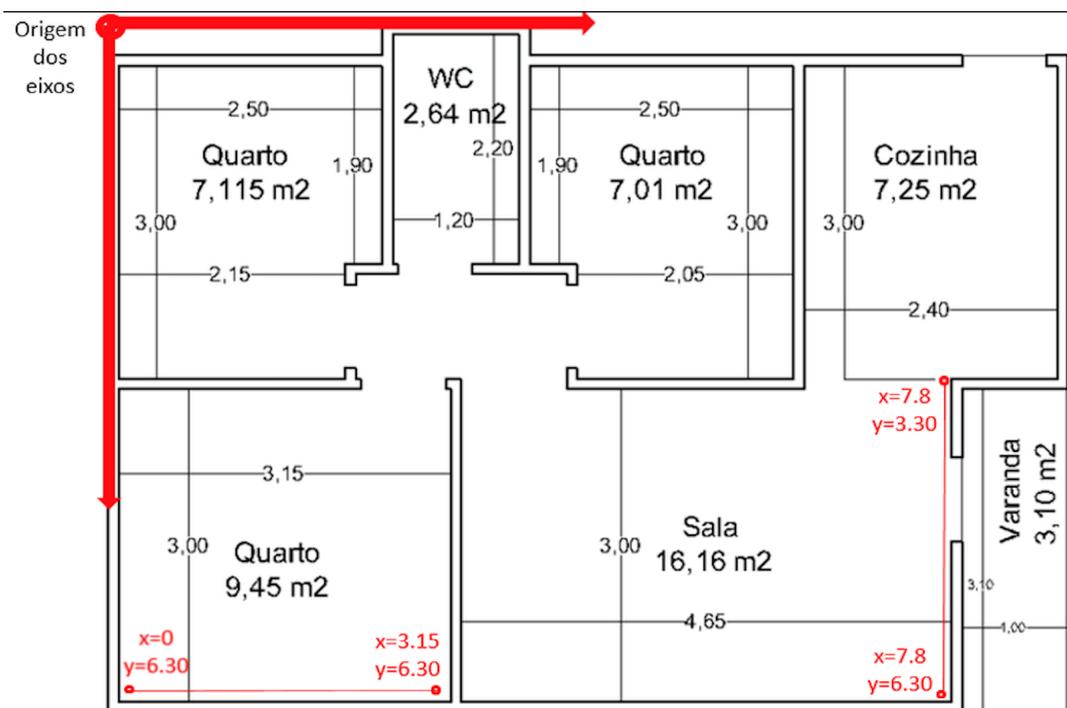


Figura 11: Descrição das coordenadas dos pontos iniciais e finais das retas da planta

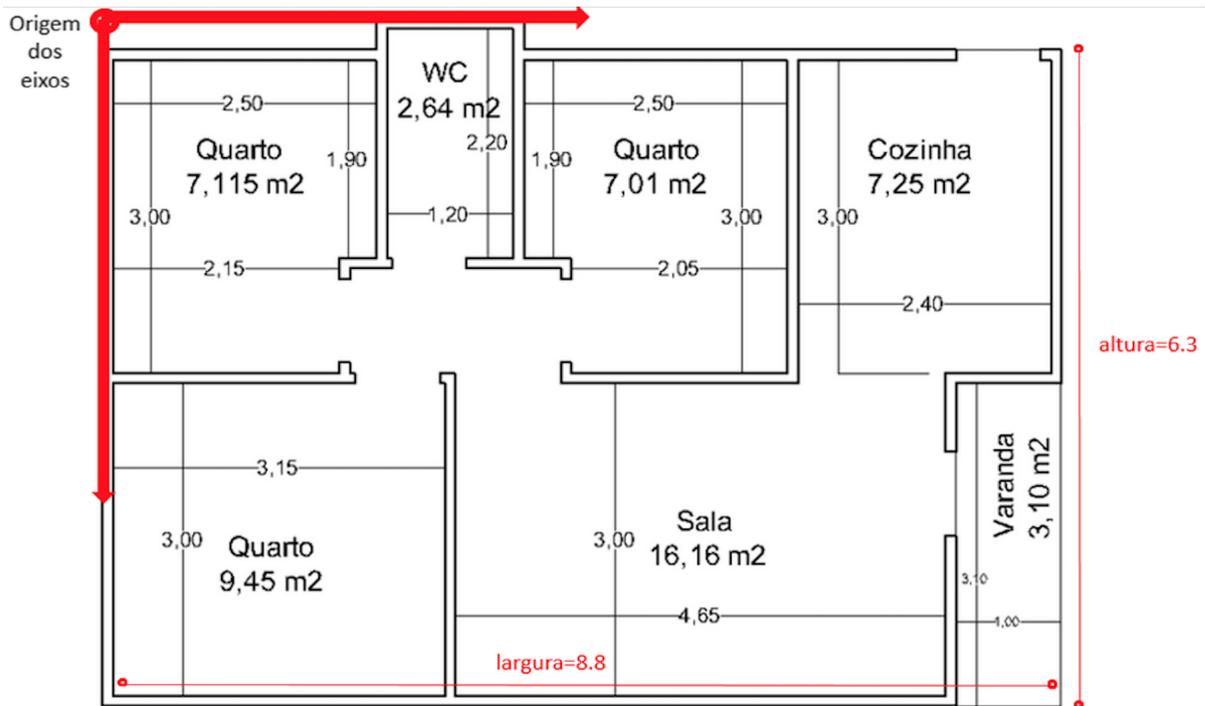


Figura 12: Descrição da largura e altura total da planta baixa real

*margin* também são usadas para representar visualmente as pessoas e demais elementos da PBR.

### 3.4 Representação Visual Produzida pela VisEm

Esta seção descreve as representações visuais produzidas pela VisEm.

A VisEm utiliza um sistema de coordenadas semelhantes ao plano Cartesiano para elaborar suas imagens. O sistema utilizado pela VisEm possui dois eixos os quais podem ser vistos na Figura 8. Os eixos X e Y são do tipo quantitativo, pois existe uma associação métrica dos valores referentes a posição das pessoas.

A VisEm utiliza círculos, triângulos, linhas e retângulos como elementos gráficos na elaboração de sua representação visual. Das cinco propriedades gráficas descritas por Mazza [13], a VisEm utiliza as propriedades tamanho, cor e forma, para representar pessoas de um ambiente fechado. A propriedade tamanho é utilizada para representar a faixa etária das pessoas. As cores pretas e vermelhas representam, respectivamente, pessoas que estão há muito tempo paradas em uma localização e pessoas que estão há pouco tempo em uma posição. A VisEm utiliza dois tipos de formas gráficas para representar pessoas. O triângulo representa pessoas deficientes e o círculo representa pessoas que não possuem deficiência.

A Figura 13 é uma representação visual da planta baixa de uma ambiente fechado produzida pela VisEm. As linhas pretas representam as paredes internas e externas do ambiente monitorado. Os retângulos de cor verde representam

Atributo Visual	Descrição Visual	Tipo de dado
Cor	Preta e vermelha	Categórico
Forma	Círculo e triângulo	Categórico
Tamanho	Grande, médio e pequeno	Categórico

Tabela 2: Mapeamento dos dados de pessoas a atributos visuais

saídas de emergência. Para representar pessoas imersas no ambiente monitorado, a VisEm utiliza três atributos visuais como a cor, a forma e o tamanho.

A Tabela 2 descreve somente como os dados, que se deseja representar das pessoas, foram mapeados a atributos visuais. Tal tabela não descreve os critérios de mapeamento visual da planta baixa e nem dos itens da mesma. Pessoas representadas pela cor preta significam que estão imóveis ou que estão muito tempo paradas no mesmo lugar. De forma arbitrária foi definido que se as três últimas posições de uma pessoa, em três instantes de tempo sucessivos forem iguais, a VisEm a representa como imóvel. A cor vermelha representa pessoas que estão em movimento ou que estão recentes em uma posição. Para representar pessoas sem deficiência física utiliza-se círculos e para representar pessoas com deficiência utiliza-se triângulos. Existem três tamanhos diferentes para representar pessoas na VisEm, tamanho grande, médio e pequeno. Quanto maior a prioridade classificada para salvar uma vítima, maior será o tamanho do círculo que a representa. A figura 13 foi elaborada com base nos critérios de salvamento da Solução 2. Crianças e adolescentes são representados com o tamanho grande, idosos com o tamanho médio e adulto com o tamanho pequeno.

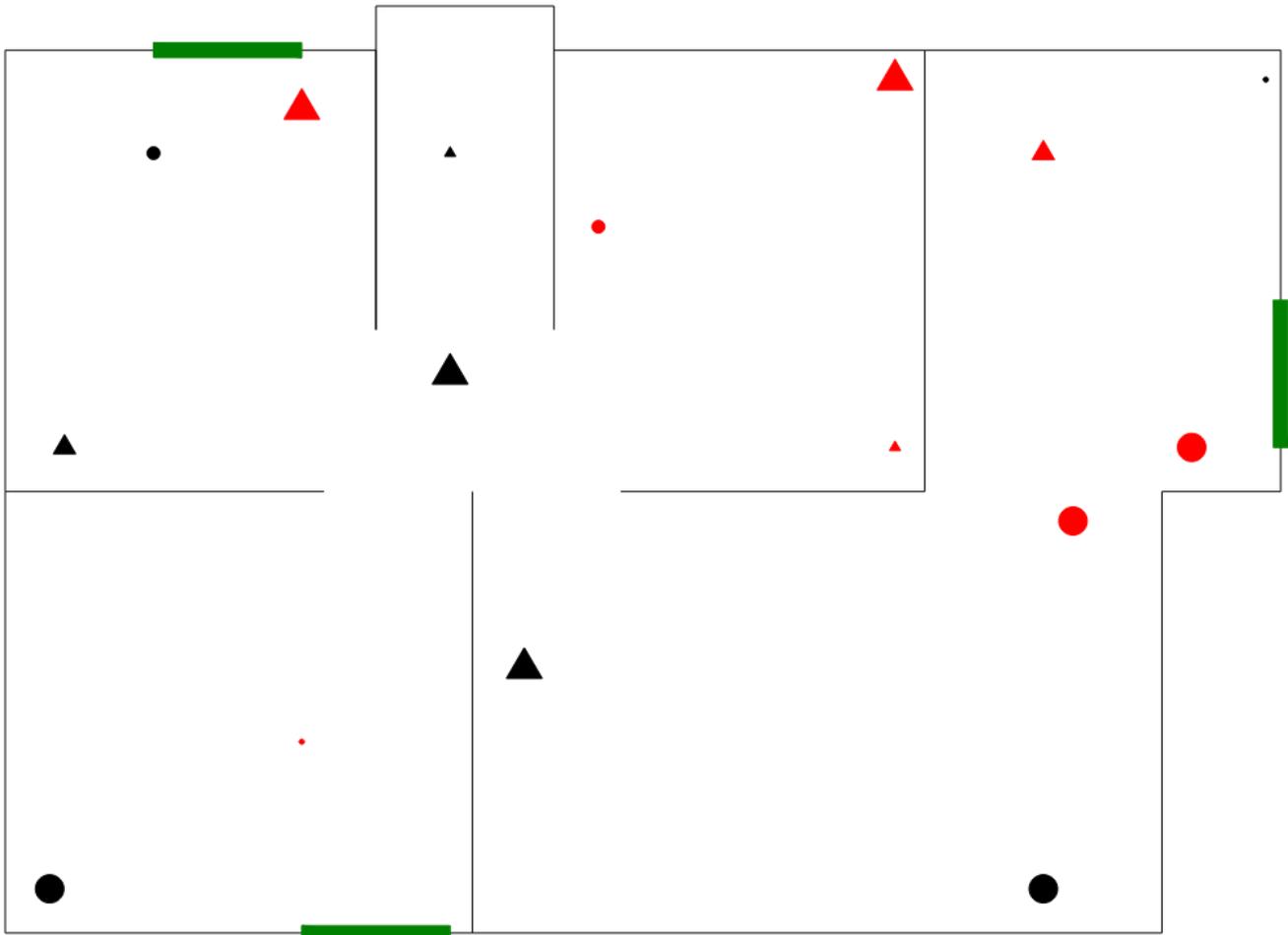


Figura 13: Tela principal

### 3.4.1 Histórico de Posição das Pessoas

A VisEm disponibiliza históricos de posições das pessoas de um ambiente *indoor*. Para representar a posição mais atual de uma pessoa no histórico, é admitido pela VisEm somente uma figura geométrica colorida na representação de pessoas. A Figura 15 é a representação visual de uma criança ou de um adolescente sem deficiência. Os círculos sem cor representam as posições que a criança esteve no ambiente *indoor*. O círculo vermelho é a posição mais atual da pessoa, este círculo indica que a criança sem deficiência está a pouco tempo naquela posição. A Figura 14 representa o histórico de posições de um adolescente ou de uma criança deficiente. Os triângulos sem cor representam as posições que o adolescente esteve no ambiente fechado. O triângulo preto é a posição mais atual da pessoa e indica que o adolescente deficiente está muito tempo parado naquela posição. As linhas vermelhas presentes na representação visual indica o movimento realizado pela pessoa monitorada. As figuras geométricas, triângulos ou círculos, as quais estão entre as linhas vermelhas representam as posições intermediárias das pessoas, enquanto que as figuras geométricas que estão na ponta das linhas vermelhas representam a posição mais antiga ou mais atual de uma pessoa.

Os bombeiros poderão perceber tendências através da representação visual do histórico de posições das pessoas. Por exemplo, supondo-se que existiam cinco pessoas, (A, B, C, D e E), as quais estavam próximas uma das outras antes de uma emergência ocorrer em um ambiente fechado. E após um acidente, as pessoas B, C, D e E realizaram trajetos similares em direção a saída de emergência amarela, enquanto a pessoa A permaneceu imóvel. Para salvar a pessoa A, o bombeiro, por meio do histórico de posições das pessoas B, C, D e E, poderá inferir que existe uma grande possibilidade da pessoa A realizar um percurso similar ao das pessoas que eram vizinhas a pessoa A antes do incidente ocorrer.

## 4. ESTUDO DE AVALIAÇÃO

Esta seção apresenta os detalhes do estudo conduzido no sentido de avaliar a efetividade da Solução 2 da VisEm.

### 4.1 Objetivo

O principal objetivo do estudo foi avaliar a eficácia dos recursos visuais utilizados na solução desenvolvida. Objetivos secundários foram definidos como analisar, compreender e propor correções nas representações visuais para uma maior aplicabilidade ao contexto emergencial.

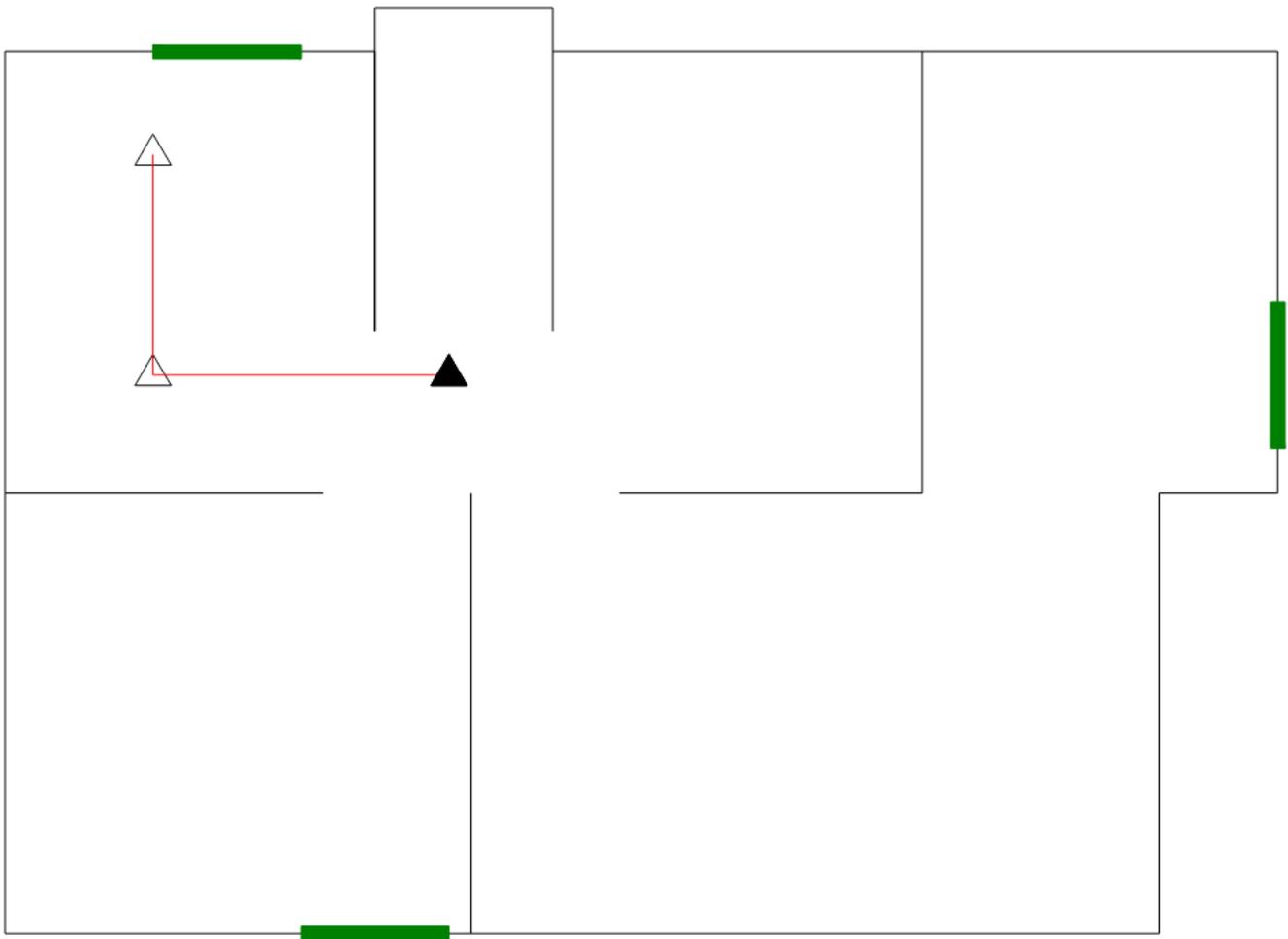


Figura 14: Histórico de posições de uma criança ou adolescente deficiente.

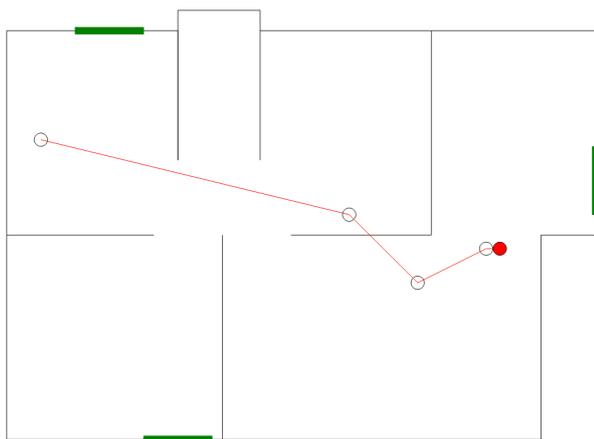


Figura 15: Histórico de posições de uma criança ou adolescente sem deficiência.

## 4.2 Participantes

O estudo foi realizado com dez participantes selecionados aleatoriamente. Um dos é estudante da área de saúde, enquanto os demais são estudantes de análise e desenvolvimento de sistemas. O participante mais novo possui 20 anos de idade e o mais velho 33 anos. Dos dez participantes seis são do sexo masculino e quatro são do sexo feminino.

## 4.3 Questionário

Os participantes responderam a um questionário contendo três questões objetivas e três subjetivas.

### 4.3.1 Questões Objetivas

Cada questão objetiva possuía cinco itens os quais descreviam grupos de pessoas. O participante deveria relacionar as alternativas às pessoas representadas na planta baixa produzida pela VisEm. Foi definida uma planta baixa específica para cada uma das três questões. Em cada planta baixa, existia vinte figuras geométricas, as quais representavam vinte pessoas imersas em um ambiente monitorado. A legenda, do apêndice, foi elaborada para auxiliar as pessoas a responderem as questões objetivas. A legenda explica os três atributos visuais utilizados pela VisEm para descrever pes-

soas. As plantas baixas e as questões objetivas utilizadas no estudo de avaliação estão no apêndice.

Para cada alternativa das questões objetivas, existia no mínimo uma pessoa representada na planta com as características descritas na alternativa. A seguir estão os itens da primeira questão objetiva:

- a) criança/adolescente, sem deficiência, muito tempo nesta posição.
- b) adulto, sem deficiência, pouco tempo nesta posição.
- c) idoso, deficiente, muito tempo nesta posição.
- d) criança/adolescente, sem deficiência, pouco tempo nesta posição.
- e) idoso, sem deficiência, muito tempo nesta posição.

Para calcular o desempenho das pessoas em cada alternativa, utilizou-se uma fórmula a qual define a nota mínima atribuída ao participante para cada acerto ou erro. A fórmula é a seguinte: nota mínima = 1 / quantidade máxima possível de itens certos de uma alternativa. Por exemplo, para a alternativa b), existiam duas pessoas na planta baixa que possuíam as características descritas nesta alternativa. A nota mínima, da alternativa b), é 1 dividido por 2. Neste caso, para cada pessoa relacionada de forma correta na alternativa b), o participante do estudo ganharia +0,5. De forma análoga, para cada pessoa relacionada de forma incorreta com a alternativa b), o participante ganharia -0,5. Desta forma, o desempenho máximo que um participante pode alcançar na alternativa b) é +1 ponto.

O valor do desempenho dos participantes nas questões objetivas se dá da seguinte maneira: soma-se a pontuação obtida em cada alternativa a qual pertença a questão; divide-se o resultado da soma por 5; por fim, multiplica-se o resultado da divisão por 100. A pontuação final do questionário objetivo se deu da seguinte forma, soma-se o desempenho obtido pelo participante em cada questão, e divide por 3 o resultado dessa soma. Cada questão objetiva foi chamada de Momento. A questão 1 foi nomeada de Momento 1. A questão 2 foi nomeada de Momento 2, e a questão 3 foi nomeada de Momento 3.

#### 4.3.2 Questões Subjetivas

Nas questões subjetivas, objetivou-se coletar opiniões e demais impressões dos participantes. Para essas questões, foi feito uma entrevista gravada em áudio. A seguir, estão as perguntas feitas aos participantes:

1. Você acha que é fácil o entendimento da representação visual?
2. Você acha que é efetivo a representação visual para um contexto de salvamento?
3. Você tem alguma sugestão referente a representação visual?

#### 4.4 Estudo Piloto

Para avaliar os instrumentos utilizados, foi conduzido um estudo piloto com duas pessoas. A partir disso, foi possível fazer alguns ajustes no material experimental.

#### 4.5 Execução

O estudo foi executado nos dias 15 e 16 de outubro de 2015, nas salas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA). Antes de responderem aos questionários, os participantes receberam explicações relacionadas ao porquê do desenvolvimento da VisEm. Foi-lhes dito que os mesmos avaliariam representações visuais, as quais são fruto de um trabalho acadêmico, o qual objetiva criar uma solução computacional para situações emergenciais. Por meio da representação visual do Momento 3, os participantes compreenderam que o objetivo da representação visual é descrever a posição e as características de pessoas imersas em um ambiente monitorado.

Após o período de explicações sobre a VisEm, os participantes foram ensinados a maneira correta de responder as questões objetivas. Antes dos participantes responderem as questões, foi-lhes pedido que sinalizassem com a letra da alternativa as pessoas da planta que possuíam as características da alternativa. Também foi dito aos mesmos que poderiam encontrar na planta uma ou mais de uma pessoa que atendessem as características de uma alternativa. Os participantes foram instruídos a marcar a letra da alternativa na planta com letra de forma legível. A legenda do apêndice foi colocada à disposição do avaliador para consulta. Porém os mesmos foram instruídos a utilizarem-na em último caso.

Cada participante respondeu individualmente, sob a supervisão do pesquisador. Para cada questão objetiva, era dado aos participantes as alternativas e a representação visual referente a questão. Os avaliadores responderam a primeira questão, depois a segunda e por fim a terceira. Após responder cada questão, os participantes informavam se utilizaram ou não a legenda. O tempo gasto para responder cada pergunta foi computado no estudo. Após as questões objetivas, foram feitas perguntas subjetivas aos participantes. Como já mencionado, esta fase foi conduzida por meio de um gravador de áudio. A entrevista terminou com a obtenção de dados pessoais dos participantes como idade, ocupação, sexo, etc.

#### 4.6 Resultados

Analisando os três Momentos, observa-se que as médias relacionadas ao desempenho, ao uso da legenda e ao tempo gasto, no Momento 2 são superiores as médias obtidas nos Momento 1 e 3. Provavelmente, o Momento 2 é menos complexo para a cognição humana do que os demais Momentos. Na seção 9 estão os gráficos de cada Momento.

A Figura 16 apresenta o desempenho total em porcentagem alcançando pelos participantes nas questões objetivas. Observa-se que o participante P4 atingiu o menor desempenho entre os avaliadores. Os participantes P2, P7, P9 e P10 tiveram um desempenho de 100%. A média de desempenho entre os participantes foi de 84,78%. 6 pessoas estiveram acima da média e 4 abaixo da média. Dos 10 participantes, somente 3 utilizaram em algum momento a legenda. A partir da média de desempenho por participantes, e o baixo índice de uso da legenda, pode-se inferir que as representações visuais, produzidas pela VisEm, são eficazes à percepção visual humana.

A Figura 17 apresenta o tempo total gasto em segundos pelos

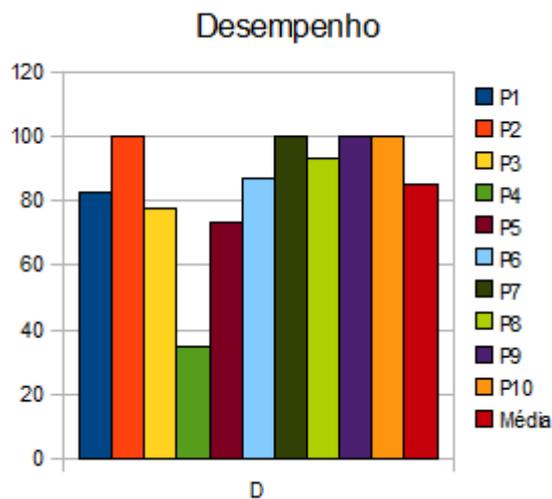


Figura 16: Desempenho total por participante na resolução das questões objetivas.

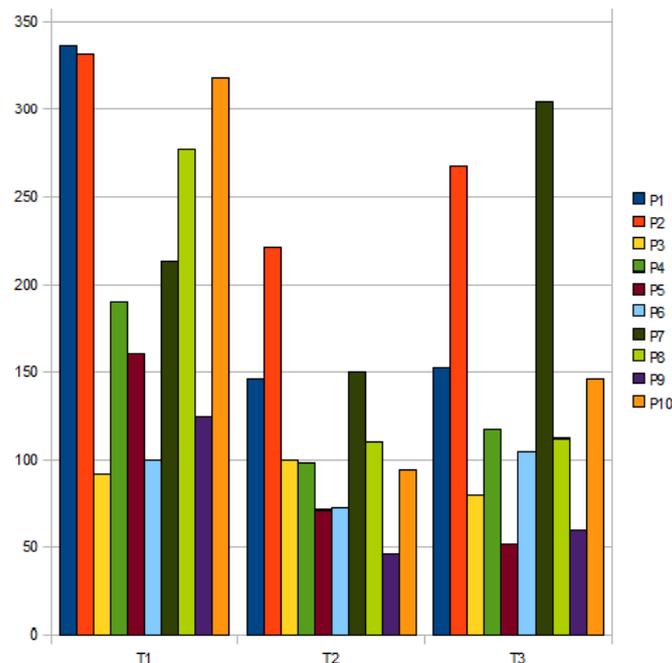


Figura 18: Tempo gasto por participante em cada Momento na resolução das questões objetivas.

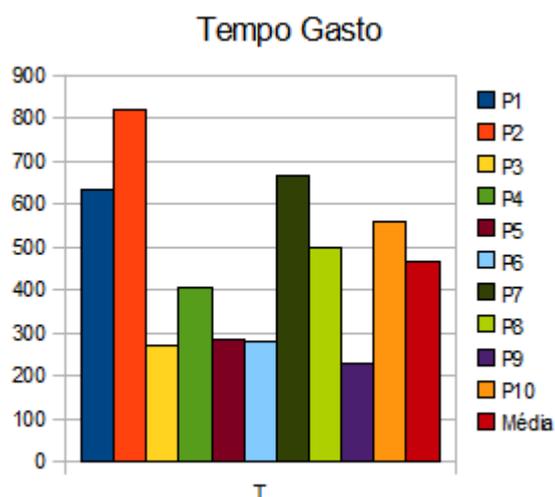


Figura 17: Tempo total gasto por participante na resolução das questões objetivas.

participantes na resolução das questões objetivas. Observa-se que o tempo médio gasto, na resolução das questões objetivas, foi aproximadamente 7min e 30s. O participante P9 foi o mais rápido na resolução das questões, gastando aproximadamente 4min. Este mesmo participante obteve um desempenho de 100%. Tal fato permite inferir que as representações visuais da VisEm poderão ser utilizadas em contextos no qual se deseja uma informação rápida e precisa, como é o caso de situações emergências. O participante P2 teve o maior tempo gasto entre os participantes. O mesmo alcançou 13min e 30s. Por meio da Figura 17 é possível observar que 5 participantes ficaram abaixo da média do tempo gasto e 5 ficaram acima da média.

Observa-se, a partir da Figura 18, que a maioria dos participantes gastaram mais tempo no Momento 1, foram mais rápidos no Momento 2 e voltaram a demorar no Momento 3. O tempo médio gasto no Momento 1 é maior que no Momento 3. Pensou-se que com o passar do tempo as pessoas seriam mais rápidas para responder as questões objetivas, porém, os gráficos não comprovaram tal hipótese. Cada questão objetiva tem a sua complexidade, provavelmente a apresentação visual e as alternativas do Momento 2 sejam menos complexos ao processo cognitivo humano que os demais Momentos.

Segundo a Tabela 3, dos 10 participantes 7 disseram que a representação visual da VisEm é de fácil entendimento. 9 participantes disseram que a representação visual é efetiva ao contexto de salvamento. Metade dos entrevistados disseram que o tamanho das figuras geométricas, as quais representam pessoas, é ruim ou relataram problemas com o tamanho na hora de identificar a faixa etária. A solução sugerida por eles foi alterar o tamanho das figuras, ou aumen-

Participante	Questão Subjetiva 1	Questão Subjetiva 2
P1	Sim	Sim
P2	-	-
P3	Sim	Com certeza
P4	-	Sim
P5	Sim	Com certeza
P6	-	Sim
P7	Sim	Sim
P8	Sim	Sim
P9	Sim	Sim
P10	Sim	Sim

**Tabela 3: Respostas das primeira e da segunda questão subjetiva**

tar a discrepância entre os tamanhos. Um dos participantes sugeriu o uso de símbolos diferentes para cada faixa etária. Esta sugestão é a mais adequada, do ponto de vista técnico da visualização de informação. Pois, dado categórico, como a faixa etária, é melhor representado visualmente por meio da propriedade gráfica forma que a propriedade tamanho.

## 5. NOVA REPRESENTAÇÃO VISUAL

Inicialmente a VisEm representava a faixa etária das pessoas por meio de tamanhos diferentes, os quais eram vinculados a uma ordem de salvamento: primeiro resgatam crianças, adolescentes, adultos e por fim idosos. Para Mazza [13], o uso do atributo visual tamanho para representar dados ordinais é limitadamente adequado.

Após a implementação de diferentes critérios para salvar uma pessoa, a relação de ordem natural das faixas etárias foi modificada. Pois, de acordo com as técnicas de gerenciamento de emergência, a ordem de salvamento diferi da ordem do crescimento biológico humano. Os dados referente a faixa etária deixaram de ser ordinais e passaram a ser categóricos, primeiro salvam crianças e adolescentes, em segundo momento idosos e por fim os adultos.

Segundo Mazza [13], o atributo visual tamanho não trabalha bem com dados categóricos. Os participantes do estudo de avaliação tiveram dificuldade justamente em diferenciar o atributo visual tamanho o qual está relacionado com a faixa etária da pessoas. Eles disseram que o tamanho do idoso e do adulto são confundíveis e leva-se um tempo para aprender. Os participantes disseram que necessitaram de uma referência para identificar as faixa etárias.

O atributo visual marcador adicional é adequado para representar dados categóricos [13]. Marcadores adicionais são a adição de uma marca em um conjunto de objetos para sobressair um objeto em particular [13].

A Figura 19 é a nova solução visual da VisEm para representar pessoas imersas em ambiente *indoor*. O triângulo representa crianças e adolescentes. O círculo representa adultos. O quadrado representa idosos. As figuras geométricas utilizadas na representação visual de pessoas podem possuir cor preta, para sinalizar que a pessoa está imóvel ou a muito tempo parada na posição, ou a cor vermelha para representar pessoas que estão recentemente em determinada localização.

Pessoas com deficiência são representadas visualmente por um marcador adicional, o qual é um pequeno traço preto, colocado em cima da figura geométrica a qual representa uma pessoa. O novo mapeamento dos dados a atributos visuais pode ser visto na tabela 4. A representação visual da Figura 19 pode ser mais útil que as representações elaboradas pelos critérios da Solução 2.

## 6. TRABALHOS RELACIONADOS

Lopes [11] desenvolveu um Projeto de um Ambiente 3D de Visualização e Reprodução de Eventos Capturados e Interpretados a Partir de Ambientes Físicos Cientes de Contexto para Aplicações de Preparação para Emergência. Oliveira [10] descreve em seu trabalho um sistema de criação e visualização de interfaces do usuário cientes de contexto para realidade aumentada. A Tabela 5 compara as soluções computacionais, para gerenciamento de emergência, de Lopes [11], de Oliveira [10] e da VisEm.

A Figura 20 é a representação visual 3D desenvolvida por Lopes [11]. A partir da mesma é possível se obter o histórico de posição de pessoas, a localização de pessoas e a localização de saídas de emergência, mas a visualização poderá se tornar complexa e imprecisa, já que pessoas ou objetos poderão estar ocultos atrás de outros objetos ou pessoas. Segundo Mazza [13], “alguns estudos empíricos tem mostrado que representações 3D aumentam a carga cognitiva, ou o esforço mental do usuário para corretamente interpretar os dados representados.” No sistema descrito por Lopes [11], uma imagem bem mapeada gera uma representação visual muito parecida com as coisas do mundo real. Se a representação visual estiver poluída de informações, as relações entre os elementos mapeados serão mais difíceis de ser compreendidas, conseqüentemente a representação terá um baixo nível de aprimoramento perceptual.

A representação visual descrita no trabalho de Oliveira [10] representam portas, mas não as sinaliza como saídas de emergência. A saída de emergência deveria está representada visualmente para o bombeiro durante todo o período de um resgate e não somente em um suposto contexto disponível na função de realidade aumentada. Um outro erro na representação visual de Oliveira é que os pontos azuis representam bombeiros. O mais correto seria os pontos azuis representarem as potencias vítimas de uma emergência por meio de critérios de salvamento como faixa etária, tipo de deficiência e se a pessoa está muito tempo parada naquela posição ou se chegou recentemente aquele local. Além disso, a mistura de representações visuais 2D e 3D podem tornar a informação mais complexa, sobrecarregando a cognição de quem a vê. Em relação a classificação minimizada, a imagem 3D é parecida com o mundo real, porém a imagem 2D não é tão similar ao mundo real. O aprimoramento perceptual da imagem produzida é boa, pois a representação permitiu a elaboração de inferências entre os elementos visuais.

## 7. CONCLUSÃO

Imagens de um SGEAF podem ser produzidas por meio de câmeras de segurança. As imagens de câmeras são úteis para um sistema de segurança, porém para gerenciar situações emergenciais em ambientes fechados é preciso de informações mais legíveis ao contexto emergencial que as imagens de câmeras possam oferecer. Existem soluções computaci-

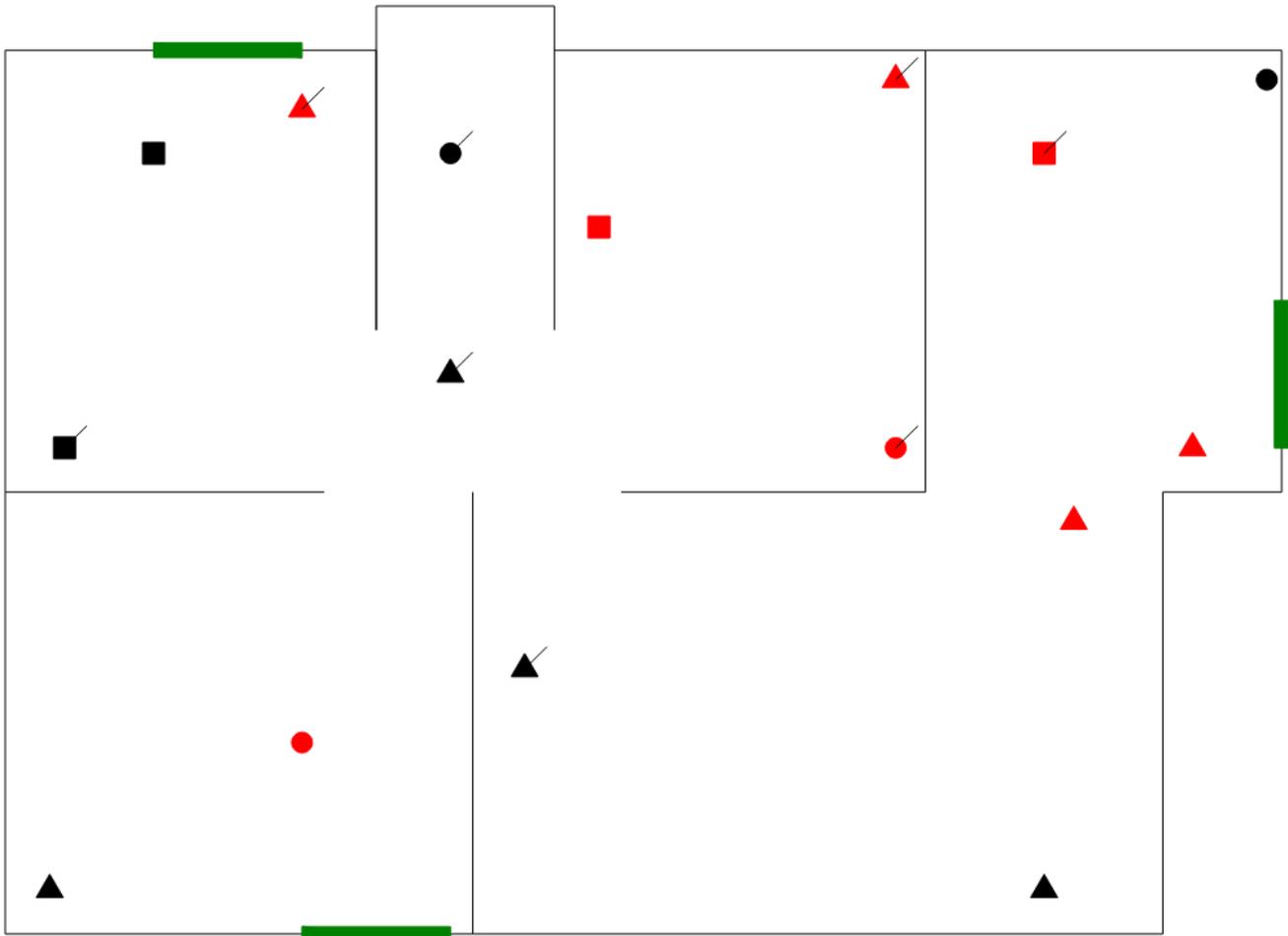


Figura 19: Nova representação visual fornecida pela VisEm



Figura 20: Visão geral do projeto de Preparação para Emergência do LRVNet [11].

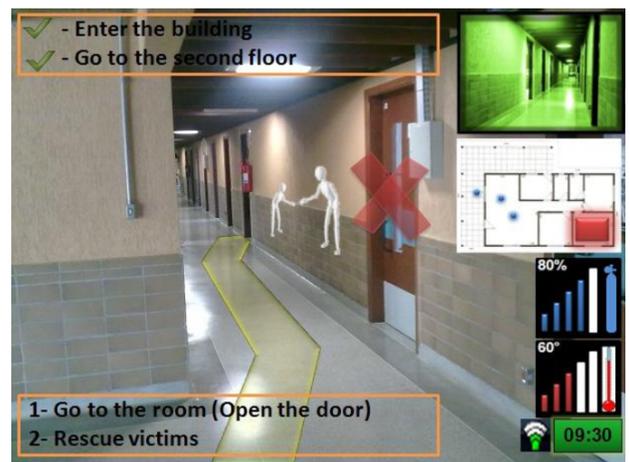


Figura 21: Interface do augmented firefighter [10].

Atributo Visual	Descrição Visual	Tipo de dado
Cor	Preta e vermelha	Catégorico
Forma	Círculo, triângulo e quadrado	Catégorico
Marcador Adicional	Traço preto	Catégorico

Tabela 4: Novo mapeamento dos dados de pessoas a atributos visuais

<b>Trabalho</b>	Projeto de um Ambiente 3D	Criação e Visualização de Interfaces	VisEm
<b>Ano</b>	2006	2011	2015
<b>Tipo de representação visual</b>	3D	2D e 3D	2D
<b>Histórico de posição de pessoas</b>	Sim	Não	Sim
<b>Saída de emergência.</b>	Sim	Sim	Sim
<b>Representação de pessoas</b>	Sim	Sim	Sim
<b>Classificação Minimizada</b>	Sim	Mais ou Menos	Mais ou menos
<b>Aprimoramento Perceptual</b>	Razoável	Bom	Bom
<b>Tipo de usuário</b>	Equipe de apoio	Não informado	Qualquer pessoa
<b>Área de aplicação</b>	Qualquer ambiente	Tipicamente em ambiente interno	Ambiente interno
<b>Persistência</b>	Sim	Não informado	Não
<b>Tipo de aplicação</b>	Web	Móvel	Web

Tabela 5: Tabela Comparativa

onais as quais podem ser utilizadas para produzir imagens de um ambiente fechado, porém deve-se utilizar tecnologias adequadas a cada propósito humano. A VisEm fornece um tipo de representação visual muito mais útil para situações emergências que imagens produzidas por câmaras.

Pessoas que morreram pelo fato da equipe de resgate não saber a sua localização, em acidentes em ambientes *indoor*, poderiam ter suas vidas salvas se os bombeiros fossem auxiliados por uma representação visual que indicasse o posicionamento de vítimas de um ambiente fechado. A VisEm é uma aplicação web, a qual disponibiliza representações visuais de ambientes fechados para gerenciamento de emergência. A aplicação indica a localização mais recente de vítimas imersas em um ambiente monitorado pelo SGEAF. As representações visuais auxiliam equipes de resgate a tomadas de decisões. Equipes de resgate podem escolher estratégias de busca e salvamento por meio da VisEm.

Inicialmente a VisEm representava pessoas somente por meio de círculos, indicando a localização e o sexo da mesma. Círculos azuis representavam pessoas do sexo masculino e círculos rosas representavam pessoas do sexo feminino. Foram definidos critérios de salvamento, os quais modificaram a representação visual de pessoas. A VisEm deixou de representar o sexo das pessoas, e passou a utilizar círculos para representar pessoas sem deficiência e quadrado para representar pessoas deficientes. Porém, os quadrados, quando pequenos, eram confundidos com círculos. Para tornar a representação mais efetiva, triângulos foram utilizado no lugar do quadrado para representar pessoas deficientes.

O atributo visual cor poderia ser utilizado para representar a idade das pessoas. O uso de cores gradientes representariam diferentes idades. Porém, tal imagem confunde o leitor da representação visual. Por exemplo, a cor laranja se parece com o vermelho, resultando em um maior esforço cognitivo para saber a idade das pessoas. A utilização de

bordas de cor preta em algumas figuras geométricas para representar idade, também resultou em um maior esforço cognitivo. Como não se pode ter cognição nula, no contexto de emergência o esforço cognitivo para compreender uma informação deve tender a nulidade, para que a equipe de resgate concentre-se nas melhores técnicas para salvar uma vida.

Construir representações visuais para gerenciamento de emergência requer uma pesquisa aprofundada sobre as variáveis que influenciam na decisão de salvar uma vida. A prioridade para salvar vidas é composta de variáveis complexas. Na VisEm, quanto maior fosse a prioridade para salvar uma pessoa, maior o tamanho da figura geométrica que a representava.

Metade dos avaliadores disseram que o tamanho das figuras geométricas, as quais representam pessoas, é ruim ou relataram problemas com o tamanho na hora de identificar a faixa etária. Segundo um dos participantes do estudo de avaliação, era necessário ter outro símbolo como referência para definir uma faixa etária. Gerenciar o tempo em situações emergências é fundamental para salvar o maior número de pessoas. Em um contexto de emergência não se deve perder tempo comparando elementos visuais para definir uma faixa etária.

Ter símbolos diferentes para cada faixa etária pode ser a melhor solução para representar a idade das pessoas. A VisEm passou a representar a faixa de idade das pessoas por meio de figuras geométrica, enquanto a deficiência passou a ser representada por marcadores adicionais. Triângulos passaram a representar crianças e adolescentes, círculos representam adultos e quadrado representam idosos. Essas novas modificações podem aumentar a eficiência da VisEm para um contexto emergencial.

Antes de se desenvolver uma representação visual, a primeira

coisa a se fazer é mapear os dados a atributos visuais os quais sejam os mais adequados aos dados que se deseja representar. Mazza [13] descreve uma tabela a qual ajuda a elaborar este mapeamento de uma maneira correta. Desta forma, a representação visual será mais eficaz e menos errônea do ponto de vista técnico da visualização de informação.

## 7.1 Trabalhos Futuros

Para trabalhos futuros, sugere-se as seguintes funções para a VisEm:

- Construção de links na PBV que deem acesso a câmeras de segurança.
- Automatização do processo de gerenciamento de emergência, como emitir alertas na PBV quando a temperatura, fumaça ou taxas de oxigênio chegarem a níveis inseguros à saúde humana.
- Criar uma representação visual de cada andar de prédios monitorados pelo SGEAF.
- Criar zoom para ver detalhes da planta.
- Implementar uma versão mobile da VisEm para bombeiros.
- Adicionar setas direcionais no histórico de posição de pessoas.

## 8. REFERÊNCIAS

- [1] About. <http://paperjs.org/about/>. Acessado em 29 de agosto de 2015.
- [2] brasil.gov.br. Conheça os estatutos que protegem de crianças a idosos. [www.brasil.gov.br/cidadania-e-justica/2009/11/conheca-os-estatutos-que-protegem-de-criancas-a-idosos](http://www.brasil.gov.br/cidadania-e-justica/2009/11/conheca-os-estatutos-que-protegem-de-criancas-a-idosos). Acessado em 16 de outubro de 2015.
- [3] C. Bueno. *Sua casa é um ambiente propício para alergias? Faça o teste e descubra*. UOL, São Paulo, 2013.
- [4] A. B. de Holanda Ferreira. *O Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa*. Editora Positivo, 2009.
- [5] Desconhecido. Planta baixa. <http://www.cazaincorporacoes.com.br/media-gallery/detail/98/343>. Acessado em 20 de outubro de 2015.
- [6] G. P. Editora. *Dicionário da Língua Portuguesa com Acordo Ortográfico*. Porto Editora, Porto, 2003-2015.
- [7] E. C. Gonçalves. Conversão entre json e xml em java. <http://www.devmedia.com.br/conversao-entre-json-e-xml-em-java/25528>. Acessado em 29 de agosto de 2015.
- [8] E. C. Gonçalves. Introdução ao formato json. <http://www.devmedia.com.br/introducao-ao-formato-json/25275>. Acessado em 29 de agosto de 2015.
- [9] JSON.Org. Introdução ao json. <http://json.org/json-pt.html>. Acessado em 29 de agosto de 2015.
- [10] Allan César Moreira de Oliveira. *Criação e Visualização de Interfaces do Usuário Cientes de Contexto para Realidade Aumentada*. UFSCar, São Carlos, 2011.
- [11] A. R. Lopes. *Projeto de um Ambiente 3D de Visualização e Repredução de Eventos Capturados e Interpretados a Partir de Ambientes Físicos Cientes de Contexto para Aplicações de Preparação para Emergência*. UFSCar, São Carlos, 2006.
- [12] C. A. P. Lugon. *Curso de Formação de Bombeiro Profissional Civil - Gerenciamento de Emergências*. Centro de Ensino e Instrução de Bombeiros - Seção de Cursos de Extensão, Serra-ES.
- [13] R. Mazza. *Introduction to Information Visualization*. Springer, Lugano, 2009.
- [14] M. H. S. Mendes and A. de Pádua Martins. *Conhecendo a Informática*. e-Tec Brasil - Informática Básica.
- [15] L. Narciso, A. Maslinkiewicz, and D. R. J. de Freitas. *Levantamento de Doenças Respiratórias e sua Associação com Ambientes Climatizados na Comunidade da Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC) de Xanxerê*. Unoesc & Ciência - ACBS, 2014.
- [16] planalto.gov.br. Decreto presidencial. [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/2003/L10.741.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2003/L10.741.htm). Acessado em 16 de outubro de 2015.
- [17] S. Priberam Informática. *Dicionário Priberam da Língua Portuguesa*. 2008-2013.

## 9. APÊNDICE

### 9.1 Questões Objetivas

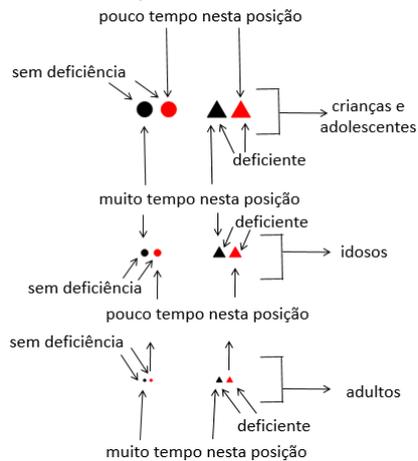


Figura 22: Legenda.

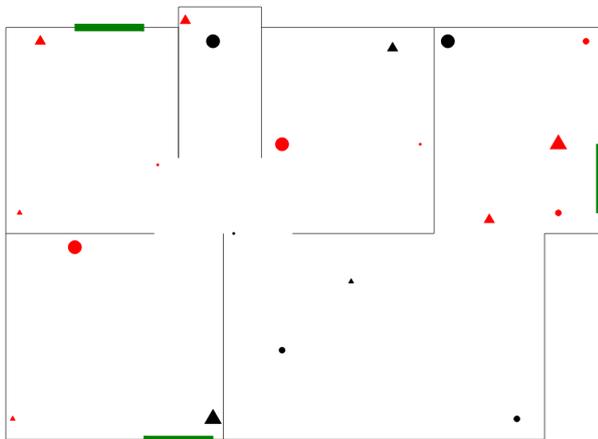


Figura 23: Momento 1

Primeira questão:

- criança/adolescente, sem deficiência, muito tempo nesta posição.
- adulto, sem deficiência, pouco tempo nesta posição.
- idoso, deficiente, muito tempo nesta posição.
- criança/adolescente, sem deficiência, pouco tempo nesta posição.
- idoso, sem deficiência, muito tempo nesta posição.

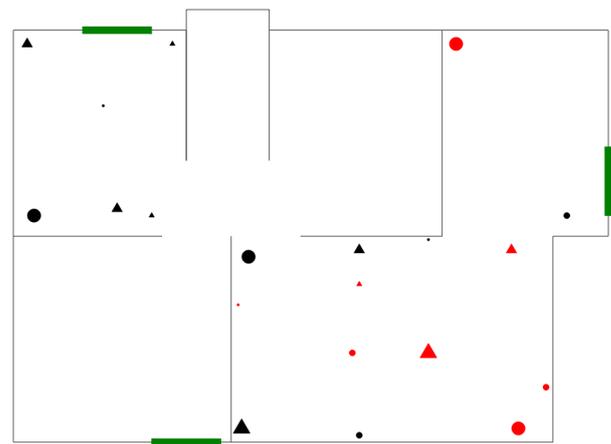


Figura 24: Momento 2

Segunda questão:

- idoso, deficiente, pouco tempo nesta posição.
- adulto, sem deficiência, pouco tempo nesta posição.
- adulto, deficiente, pouco tempo nesta posição.
- idoso, deficiente, muito tempo nesta posição.
- criança/adolescente, sem deficiência, pouco tempo nesta posição.

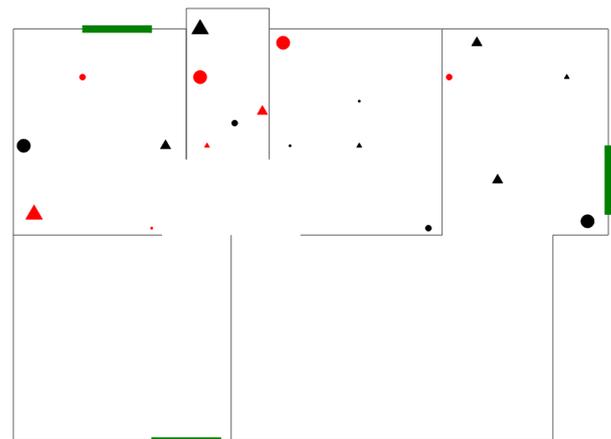


Figura 25: Momento 3

Terceira questão:

- criança/adolescente, deficiente, muito tempo nesta posição.
- idoso, sem deficiência, muito tempo nesta posição.
- adulto, deficiente, muito tempo nesta posição.
- adulto, sem deficiência, pouco tempo nesta posição.
- idoso, deficiente, pouco tempo nesta posição.

## 9.2 Gráficos

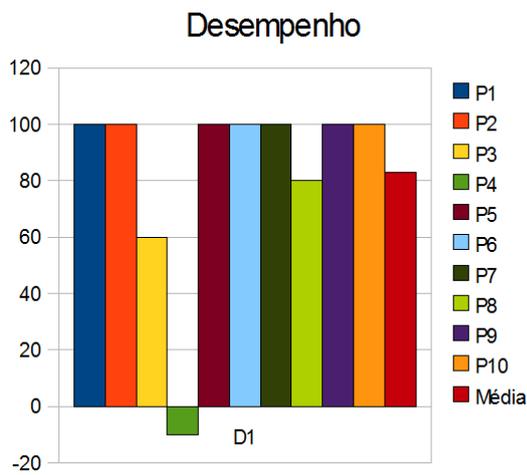


Figura 26: Desempenho por participante no Momento 1

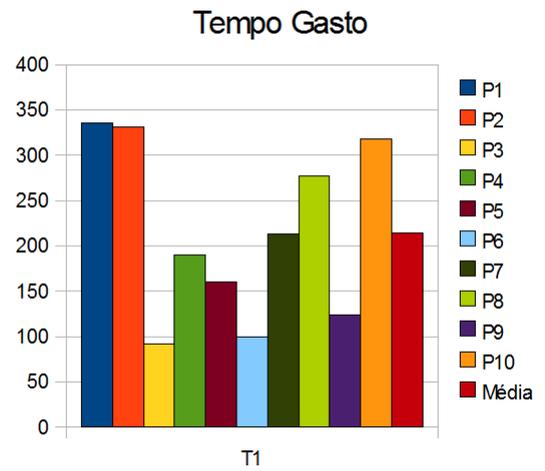


Figura 29: Tempo gasto por participante no Momento 1

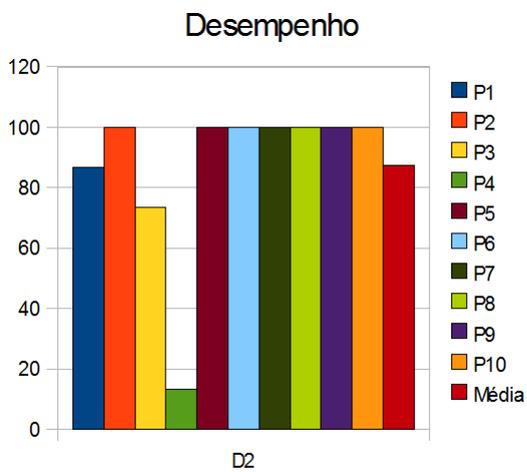


Figura 27: Desempenho por participante no Momento 2

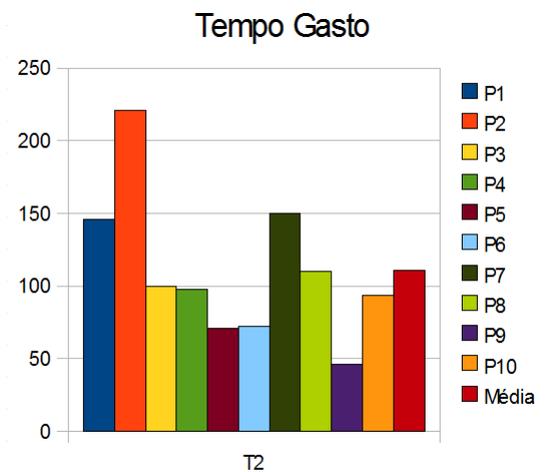


Figura 30: Tempo gasto por participante no Momento 2

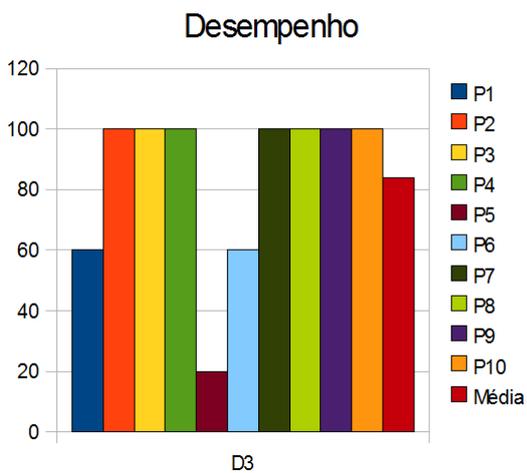


Figura 28: Desempenho por participante no Momento 3

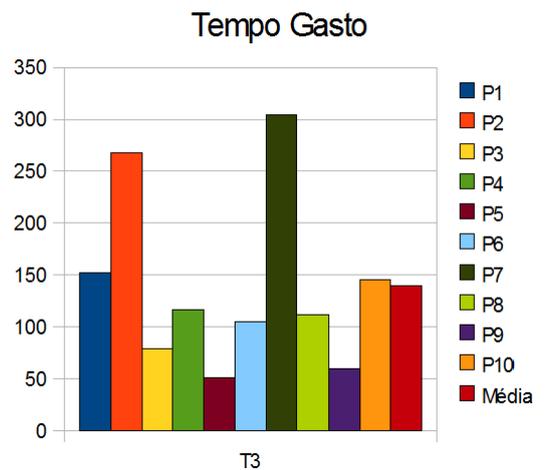


Figura 31: Tempo gasto por participante no Momento 3