

Simulando Multidões no Parque Tecnológico da PUCRS

Estêvão S. Testa, Cristiano M. Martins, Rodrigo G. Ramos, Alexandre Carvalho, Vinícius J. Cassol,
Anderson Silva, Luiz C. C. Carneiro, Soraia R. Musse
VHLab - Laboratório de Simulação de Humanos Virtuais
Faculdade de Informática
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
Porto Alegre - RS -Brasil
Web page: <http://www.inf.pucrs.br/vhlab/>

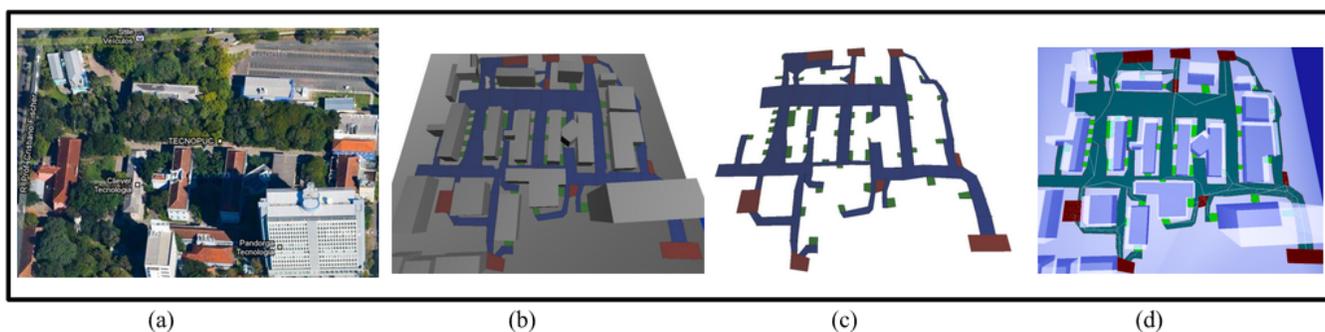


Figura 1. A partir do ambiente real do parque tecnológico da PUCRS (a) juntamente com as respectivas plantas baixas, foi feita a sua reprodução em um ambiente 3D (b). Tal ambiente, por sua vez, é utilizado como base para a definição das regiões onde as pessoas se movimentam (c) para que seja possível a realização dos cenários de simulação (d).

Abstract—This paper presents a case study in crowd simulation. The usage of such kind of simulators is a recent and interesting technology in the sense that it can help to provide quantitative data of people comfort and security in the spaces. In addition, normal life or panic situations can be considered through the velocities and behaviors virtual people adopt during the simulation. In this work we simulated the crowd flow in Parque tecnológico of PUCRS - TECNOPUC, where up to 4000 people work every day. The main goal is to evaluate information such as bottlenecks, densities, velocities and times as discussed in the text.
Keywords-Simulação de multidões, simulação de comportamentos.

Resumo—Este paper apresenta um estudo de caso realizado de simulação de multidões. A utilização de simuladores de comportamento pode ser vista como uma eficiente estratégia para avaliação de pontos como conforto e segurança de pessoas em determinados ambientes. Através de simulações, é possível observar o comportamento dos indivíduos considerando diferentes situações, desde um dia de movimentação normal, até mesmo uma situação de emergência, produzindo comportamentos diferenciados. Para isso, devem ser consideradas tanto as características dos indivíduos bem como características do ambiente simulado. Este trabalho apresenta um estudo de caso que contempla a realização de simulação de multidões no Parque tecnológico da PUCRS - TECNOPUC, onde aproximadamente 4000 pessoas trabalham todos os dias. O objetivo principal é verificar os fluxos de movimento, bem como observar possíveis formações de gargalos em pontos específicos.

Keywords-Simulacao de multidoes.

I. INTRODUÇÃO

Simulação de multidões é uma área de pesquisa que vem se desenvolvendo ao longo das últimas décadas e, é capaz de fornecer resultados aplicáveis a diferentes áreas [1]. Diversos modelos foram desenvolvidos ao longo dos anos com o objetivo de simular multidões computacionalmente com aplicabilidade em diversas áreas. Por exemplo, na área de entretenimento, multidões são simuladas para criar situações que envolvam um grande número de personagens autônomos a fim de povoar ambientes virtuais (filmes e jogos). Além disso, simulações de multidões podem ser empregadas em aplicativos da área de treinamento e segurança onde simulações são efetuadas com o objetivo de reproduzir o comportamento de pessoas em diferentes contextos, como por exemplo no caso de evacuação de ambientes.

Usando simuladores, deve ser possível representar o comportamento de pessoas em diferentes cenários, desde situações simples até momentos de caos e emergência, sem colocar em risco a integridade dos seres humanos reais. Além disso, num mesmo ambiente, deve ser possível simular diferentes cenários através da combinação de parâmetros.

Este trabalho apresenta um caso de estudo de simulação de multidões realizado junto ao Parque Tecnológico da PUCRS - TECNOPUC ¹, onde diariamente circulam cerca de quatro

¹<http://www.pucrs.br/agt/tecnopuc/>

mil pessoas. O objetivo principal foi representar os fluxos de movimento dos indivíduos a fim de identificar pontos de atenção relacionados durante uma evacuação bem como possíveis formações de gargalos. Ainda, outro objetivo foi o de validar os tempos que as pessoas levam para chegar nos pontos de encontro já estabelecidos no local.

O presente artigo está organizado da seguinte maneira: a próxima seção apresenta um breve overview dos mais relevantes trabalhos na área de simulação comportamental de multidões. A Seção III apresenta a ferramenta utilizada para realizar as simulações neste trabalho, enquanto a Seção IV descreve o caso de estudos realizado, desde o mapeamento do ambiente até a obtenção de resultados. Considerações finais sobre o trabalho são apresentadas na Seção V.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

Nesta seção abordam-se alguns dos principais modelos propostos com o intuito de simular desde grupos de agentes até grandes multidões. O trabalho proposto por Reynolds [2], o qual realiza a simulação de bandos de pássaros, rebanhos de animais e cardumes de peixes, é visto como o precursor em animação comportamental. Para Reynolds, cada personagem envolvido no grupo é representado por uma partícula e foi chamado de *boïd*. Cada *boïd* consegue perceber o ambiente virtual e, com isso, manter sua posição e orientação no grupo através de regras, que aplicadas combinadamente, podem prover comportamentos emergentes.

Helbing e Molinár [3] desenvolveram um modelo baseado em forças sociais, considerando o fato de que pedestres adotam estratégias de comportamento determinadas através de estímulos oriundos de situações cotidianas. Tais estímulos são responsáveis por provocar reações nos pedestres. Tais ações podem ser consideradas habitualmente *automáticas* e *previsíveis*. Na percepção dos autores, os estímulos que atuam sobre o pedestre são considerados *forças psico-sociais*, sendo capazes de manter o pedestre longe de obstáculos, distante de outros pedestres, além de aproximá-lo de pedestres conhecidos.

A representação de vida artificial através de componentes cognitivos, comportamentais, perceptivos e motores é o objetivo do sistema de animação humana proposto por Shao e Terzopoulos [4]. O componente comportamental apresenta um conjunto de regras que tem como objetivo conter colisões e produzir comportamentos específicos de multidões tais como a formação de vias de pedestres e a lei do mínimo esforço. O comportamento definido como cognitivo define o conhecimento e percepção do mundo pelo agente. Para prover o realismo da simulação, os autores evidenciam que os componentes cognitivos e comportamentais trabalham acoplados em uma hierarquia de dois níveis.

Vários outros modelos de simulação de multidões tem sido propostos recentemente. Thalmann e Musse [5] descrevem detalhes do estado-da-arte atual. Na próxima seção apresentase a ferramenta responsável por produzir as simulações de multidões consideradas neste trabalho.

III. CrowdSim:FERRAMENTA PARA SIMULAÇÃO DE MULTIDÕES

Esta seção apresenta brevemente a ferramenta CrowdSim [6] utilizada neste trabalho com o objetivo de produzir a simulação de multidão no TECNOPUC. Desenvolvida pelo Laboratório de Simulação de Humanos Virtuais ², na Faculdade de Informática da PUCRS, o objetivo da ferramenta é reproduzir computacionalmente os comportamentos de aglomerados de pessoas, e apresentar análise de dados, que permitam medir-se conforto e segurança da população. A ferramenta possui dois módulos principais: *Configuração* e *Simulação*.

Configuração: Neste módulo, a ferramenta recebe como entrada um ambiente representado em três dimensões, no qual devem ser definidas as regiões onde as pessoas podem se movimentar. Além das áreas de movimentação, este módulo especifica o número total de agentes a ser simulado e também permite que sejam definidas regiões de objetivos para os agentes, ou seja para onde eles devem se deslocar e/ou permanecer durante a simulação. Tais informações são utilizadas para que seja possível configurar os *comportamentos* desejados durante a simulação. A Figura 2 ilustra as regiões de movimento e regiões de objetivos utilizados na especificação dos comportamentos, na simulação realizada no Estádio Olímpico João Havelange em 2012 [6]. No caso, arquibancadas e regiões de caminhadas foram configuradas para a definição dos comportamentos dos agents. O cenário configurado produz o *input* necessário para o segundo módulo da ferramenta, responsável por produzir a simulação considerando o ambiente previamente configurado.

Os possíveis comportamentos a serem aplicados pelos agentes nesta versão do CrowdSim são: se direcionar para as regiões objetivo, que podem ser de saída, entrada em outro ambiente, regiões de interesse (banheiro, loja e etc); ficar nos espaços que se encontram por determinado tempo (parados ou se movendo) ou assumir comportamentos aleatórios (por exemplo: oscilar de posição na mesma região ou entre regiões sem seguir nenhuma lista de regiões específica). Esta última classe de comportamento é importante para simularmos crianças, por exemplo. Estes comportamentos são distribuídos de acordo com distribuição definida no Configurador.

Simulação: O segundo módulo da ferramenta é responsável por interpretar a configuração definida no módulo anterior e realizar a simulação de multidões no respectivo ambiente. Para isso, com base no número de agentes, regiões definidas para caminhada e/ou objetivos, bem como os comportamentos especificados para cada grupo de agentes, o módulo de simulação calcula todas as rotas necessárias para que os agentes possam chegar nas regiões definidas como objetivos. Após isso, o módulo é capaz de simular o deslocamento dos agentes de acordo com as rotas pré-definidas (se estes destinarem a se mover), provendo também os comportamentos de evitar colisão com outros agentes e obstáculos.

²<http://www.inf.pucrs.br/vhlab>

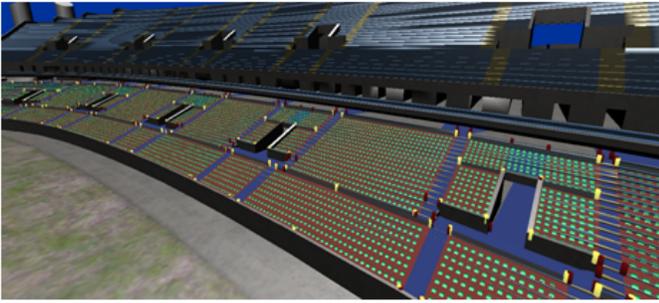


Figura 2. Exemplo de configuração de cenário para uma simulação. As regiões com cadeiras representam áreas onde os agentes podem permanecer por um intervalo de tempo e as áreas em vermelho especificam as regiões onde o deslocamento é permitido [6].

O módulo de simulação gera dados para a análise posterior. Os dados de output definem velocidades, tempos e densidades de pessoas nos espaços. Assim é possível avaliar-se questões como locais de maior gargalo e aproximação de pessoas, onde elas reduziram muito sua velocidade e etc. A figura 3 ilustra a visualização de dados de densidade nos espaços simulados. Quanto mais vermelho, maior a densidade de pessoas nas regiões.

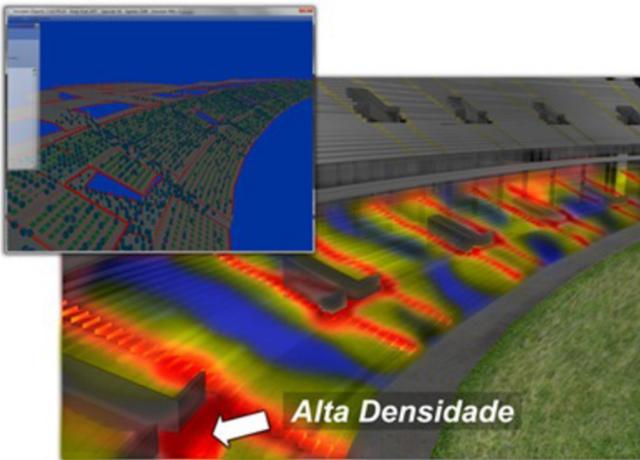


Figura 3. Exemplo de ilustração produzida pelo *CrowdSim* representando a densidade nos espaços. Quanto mais vermelho, maior a quantidade de pessoas na região.

IV. O PROCESSO DE SIMULAÇÃO DE MULTIDÕES NO TECNÓPUC

A. Regiões de Movimento

Com base no ambiente 3D e contando com apoio do setor responsável na PUCRS foi possível efetuar a definição das regiões onde o movimento é permitido, bem como pontos de interesse a serem considerados durante a simulação. Além disso, a distribuição de pessoas nos espaços também pode ser definida com base em dados reais de outubro de 2012. Na Figura 4 são ilustradas as diferentes regiões de movimento, previamente especificadas.



Figura 4. Representação do espaço simulado do TECNÓPUC, contendo indicação de saídas e pontos de encontro.

Ao observar a Figura 4 verifica-se regiões onde a caminhada é permitida (em branco), as saídas dos prédios (indicadas por setas em laranja), além dos pontos de encontro (círculos laranjas). As setas indicam os caminhos que os agentes devem percorrer desde a saída do prédio em que se encontram até chegarem nos pontos de encontro, posteriormente eles se destinam as saídas do parque (triângulos vermelhos). Destaca-se que neste momento, as rotas são ilustrativas, visto que são automaticamente calculadas através do módulo de simulação conforme citado na Seção III, desde que se deseje calcular as rotas mais eficientes para se chegar aos destinos. Se a simulação deseja não utilizar as rotas mais curtas, isto também é possível.

B. Simulação Produzida

Considerando as especificações de ambiente e comportamentos previamente descritos, foi possível produzir uma simulação de multidões para o parque tecnológico. Foi considerado um dia de movimentação normal, onde as pessoas deixam o parque após um dia de trabalho. Foram simulados 3940 agentes, os quais se deslocam pelo parque com velocidade entre 0.6 e 1.2 m/s (velocidade definida com base na literatura da área [7]). Os objetivos foram especificados para que todas as pessoas se encaminhassem para os pontos de encontro e depois fossem diretamente para a saída do parque.

As imagens 5, 6 e 7 apresentam os resultados visuais da simulação. É possível observar os agentes se deslocando através das rotas pré-calculadas.

Além de resultados visuais, onde é possível observar a evolução da simulação, bem como apontar regiões que possam ser propícias à formação de gargalo, o simulador ainda fornece dados numéricos que possibilitam a análise de diferentes aspectos, como densidade, velocidade, distância percorrida, conforme segue:

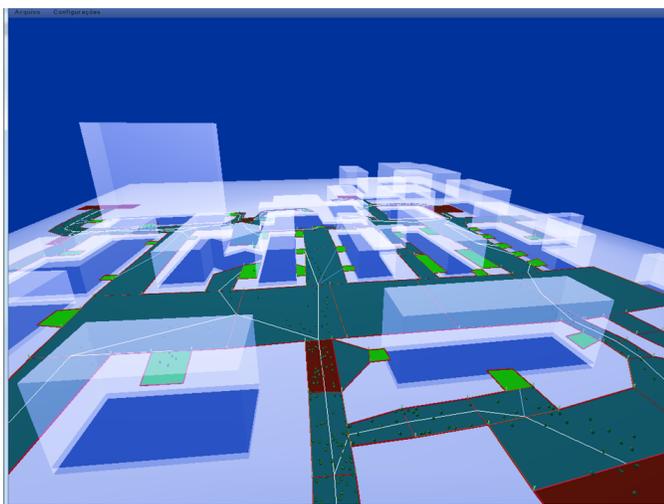


Figura 5. Ilustração de simulação realizada.

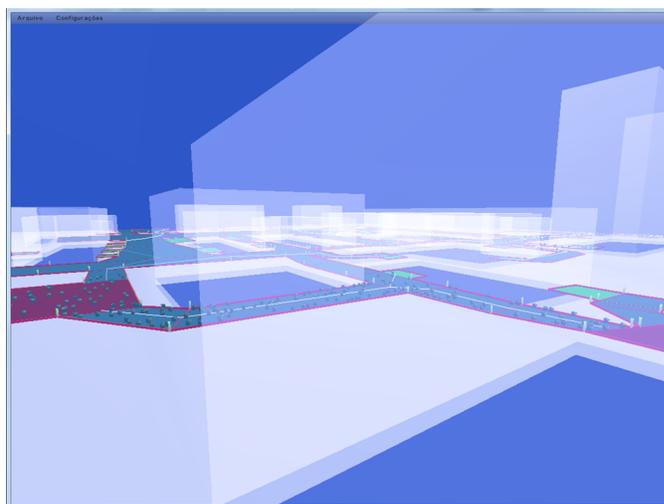


Figura 7. Ilustração de simulação realizada.

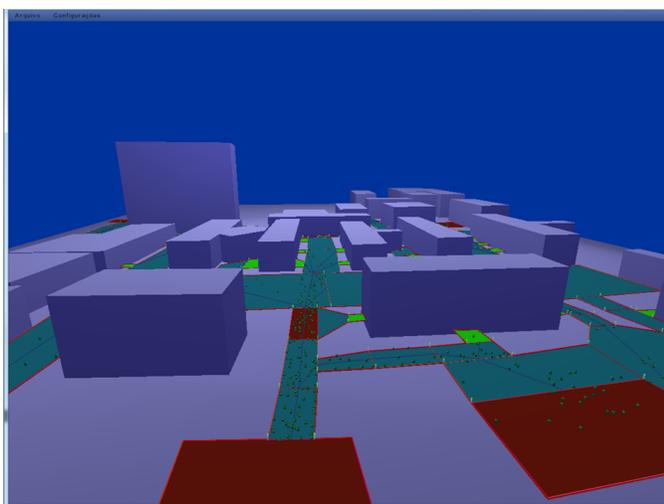


Figura 6. Ilustração de simulação realizada.

- **Velocidade média obtida:** A velocidade média durante o deslocamento dos agentes foi de 0.86 m/s , com um desvio padrão de 0.27 m/s ;
- **Tempo de Deslocamento:** O tempo médio, gasto por um agente para deixar o parque, foi de 126 segundos, com desvio padrão de 39 segundos.
- **Distância Percorrida:** A distância média percorrida por cada agente, considerando sair do seu prédio e se dirigir à saída, foi de 107.7 metros, com desvio padrão de 49.4 metros;
- **Densidades:** A densidade máxima observada foi de $2,1\text{ pessoas/m}^2$.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou a simulação de multidões realizada em um caso de estudo real. A simulação do TECNOPUC foi produzida com o objetivo de avaliar tempos, rotas e gargalos dos trajetos das saídas dos prédios até os pontos de encontro.

Os resultados pareceram coerentes com relação a inspeções empíricas no local. Seria desejável que neste ambiente fossem realizados simulados de abandono de todos os prédios simultaneamente para que se validasse, e eventualmente calibrasse o simulador. Como trabalhos futuros, espera-se simular outros ambientes para testar o CrowdSim em diferentes ambientes e cenários.

AGRADECIMENTOS

Autores agradecem o suporte recebido da FINEP, CAPES, CNPq e PUCRS.

REFERÊNCIAS

- [1] D. Thalmann and S. R. Musse, *Crowd Simulation*. Springer-Verlag London Ltd, 2007.
- [2] C. W. Reynolds, "Flocks, herds and schools: A distributed behavioral model," in *Proceedings of the 14th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, ser. SIGGRAPH '87. New York, NY, USA: ACM, 1987, pp. 25–34. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/37401.37406>
- [3] D. Helbing and P. Molnár, "Social force model for pedestrian dynamics," *Phys. Rev. E*, vol. 51, pp. 4282–4286, May 1995. [Online]. Available: <http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevE.51.4282>
- [4] W. Shao and D. Terzopoulos, "Autonomous pedestrians," *Graph. Models*, vol. 69, no. 5-6, pp. 246–274, Sep. 2007. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gmod.2007.09.001>
- [5] D. Thalmann and S. R. Musse, *Crowd Simulation*. Springer-Verlag London Ltd, 2012.
- [6] V. J. Cassol, R. A. Rodrigues, L. C. C. Carneiro, A. Silva, and S. R. Musse, "Crowdsim: Uma ferramenta desenvolvida para simulação de multidões," in *Proceedings of the 12th SBGames - Workshop de Simulação Militar*, ser. SBGAMES '2012, 2012, pp. 1–4. [Online]. Available: http://sbgames.org/sbgames2012/proceedings/papers/simulacao/W_1.pdf
- [7] J. Fruin, *Pedestrian Planning and Design*. Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, 1971.