

Monitoramento de Paisagens Urbanas com Redes de Sensores para Auxílio à Decisão em Gestão Participativa

Guilherme P. Gaebler¹, Vinícius S. Patto¹, Marcelo R. Quinta¹

¹Instituto de Informática – Universidade Federal de Goiás (UFG) – Bloco IMF-1
Campus Samambaia – CEP. 74690-815 – Goiânia – GO – Brasil

{guilhermegaebler, viniciussebba, marceloquinta}@inf.ufg.br

Abstract. *The ADGEPA project provide a sensor network to collect environmental data and a responsive web application in which one can make complaints about socioenvironmental concerns of a scenario. From these data, we look for new information using Knowledge Discovery in Database techniques. Our first data polls will be simulated to validate two project modules. In this paper, we present the ADGEPA project, its simulation model, and our Arduino prototype proposal to collect environmental data.*

Resumo. *O projeto ADGEPA prevê uma rede de sensores para captar dados ambientais e uma aplicação web responsiva para usuários fazerem denúncias acerca de aspectos socioambientais em um cenário. Dos dados, pesquisamos por novas informações com uso de técnicas de Descoberta de Conhecimento em Base de Dados. Os nossos primeiros dados serão simuladas para validar dois módulos do projeto. Neste trabalho, nós apresentamos o projeto ADGEPA, o seu modelo de simulação e a nossa proposta de um protótipo para captação de dados ambientais com uso da plataforma Arduino.*

1. Introdução

Muitos dos grandes centros urbanos do mundo apresentam problemas em comum relacionados à mobilidade urbana, poluição, violência, acidentes, saúde pública, falta de infraestrutura adequada para eventos climáticos recorrentes, dentre outros. Com tendências¹ de crescimento constantes, os centros urbanos têm muita carência de formas mais eficientes de gestão do seu espaço físico e de seus recursos socioambientais.

Alguns desses problemas são abordados em pesquisas na esfera da computação. Na equipe de Vikatos [Vikatos et al. 2011] os pesquisadores projetaram um sistema de monitoramento de dados ambientais com o uso de plataformas de sensores. Eles contaram com a participação de voluntários, fizeram testes em ambiente urbano de pequena escala e mediram valores de concentração dos gases metano e monóxido de carbono.

Um exemplo de uso de plataformas de sensores para captar dados ambientais e auxiliar na resolução de problemas sociais é o trabalho de [Rosi et al. 2010], no qual um protótipo para monitoramento de áreas com risco de desmoronamento foi desenvolvido. Consideraram a leitura de dados de movimentos de encostas, temperatura, pressão e umidade.

¹Pode-se constatar essas tendências pelos Censos do IBGE, disponíveis em <http://www.ibge.gov.br/home/>

No trabalho de [Angove et al. 2010], foi desenvolvido um protótipo para a leitura da concentração de monóxido de carbono e compostos orgânicos voláteis (COVs) em ambientes residenciais e comerciais em uma tentativa de associação de problemas de saúde com a exposição a gases. Ward e Wall, por suas vezes, apresentam um sistema de gerenciamento de ambientes internos que, por meio de leituras de sensores e participação dos usuários, auxilia a manutenção de prédios mais sustentáveis, confortáveis e eficientes [Wall and Ward 2009].

Nos trabalhos supracitados, os autores apresentaram propostas de sistemas baseados em sensores para captação, armazenamento e análise de dados ambientais. Eles atacaram problemas bem delimitados e com dados bem definidos. Embora essas contribuições foram muito importantes, acreditamos que seja possível aumentar consideravelmente a amplitude do uso de sensores para um sistema inteligente de gestão de ambientes urbanos de grandes proporções que lidam com diversas variáveis, sejam elas classificáveis pelo senso comum do homem (e.g. existe despejo de esgoto em corpo de água), ou aquelas que exigem equipamentos específicos (e.g. temperatura). Em nosso projeto, identificamos possíveis padrões e relações entre essas variáveis de cunho socioambiental e pesquisamos formas de auxiliar planejamentos e gestões de espaços urbanos.

Apresentamos na Seção 2 uma visão geral sobre o projeto, as motivações, objetivos e metodologias utilizadas. Em seguida, abordamos a simulação no projeto Assistente Digital para Gestão Pública Participativa (doravante, ADGEPA). Posteriormente, na Seção 4, descrevemos em detalhes o nosso modelo de captação de dados ambientais com uso de sensores. Na Seção 5, apresentamos os trabalhos atuais no projeto e as atividades futuras. Por último, apresentamos nossas considerações finais na Seção 6.

2. O Assistente Digital para Gestão Pública Participativa

Observamos que existe um campo pouco explorado no que diz respeito à coleta e análise de dados referentes a aspectos socioambientais em cenários urbanos de médio e grande porte. Sistemas capazes de captar e processar esses tipos de dados e identificar relações e padrões relevantes (a partir desses dados) podem trazer melhores soluções de gestão de recursos socioambientais.

2.1. Motivação

Uma das principais motivações do projeto é a investigação de gestão participativa pela consideração de problemas socioambientais denunciados pela população. A identificação de associações e correlações entre esses problemas pode ser um fator fundamental na escolha de estratégias eficientes para resolução dos principais anseios da população. Um aspecto positivo no processo é o viés participativo e a possibilidade de ser mais eficiente que práticas convencionais de gestão pública (alguns trabalhos já mostraram isso [Adamatti 2007], [Sebba Patto 2010]). Porém, nem todos os fatores socioambientais podem ser percebidos ou são percebidos e classificados de forma imprecisa ou ambígua. Para alguns desses fatores, como luminosidade e umidade relativa do ar, é possível fazer a aferição de valores de forma precisa pelo uso de sensores.

2.2. Objetivos

O projeto ADGEPA propõe uma forma de fazer leituras das percepções de cidadãos sobre determinados problemas socioambientais. A partir dessas percepções, espera-se

auxiliar o poder público na escolha de estratégias que possam minimizar ou eliminar os problemas socioambientais mais relevantes à determinada população.

Com o intuito de coletar dados, pretendemos implementar (i) uma aplicação web responsiva para que usuários façam denúncias sobre problemas socioambientais em cartas geográficas e (ii) um conjunto de miniestações para coleta e envio de dados ambientais. Pelo uso de técnicas de KDD (*Knowledge Discovery in Database*, em português: Descoberta de Conhecimento em Base de Dados) esperamos descobrir informações novas a partir de padrões e associações entre os dados [Fayyad et al. 1996]. A partir das novas informações, pretendemos dar suporte a decisão para escolha de problemas socioambientais a serem atacados.

2.3. Metodologia

Pretendemos fazer coleta de dados socioambientais a partir de duas fontes coletoras: um aplicativo web responsivo e miniestações para coleta de dados ambientais. O aplicativo considera 29 indicadores ambientais e 30 sociais. A plataforma de sensores baseada em Arduino² considera 4 variáveis ambientais (detalhes na Seção 4).

Após a coleta de dados, buscamos padrões e associações entre dados para que possamos compreender melhor possíveis relações entre dados da nossa pesquisa. Em nosso projeto, dispomos do apoio de dois especialistas do domínio que nos ajudam na compreensão dos dados, tanto com relação à granularidade quanto à questão da representatividade de dados. Esses fatores são considerados importantes para a realização de KDD [Silva 2004].

Para tratar as novas informações (descobertas com KDD), modelamos um agente computacional (a ser implementado) que faz uso de técnicas de análise multicritério. Após a escolha de um método de análise multicritério (ainda em estudo), pretendemos apresentar estratégias mais eficientes para resolver os problemas de maior anseio por parte da população (que faz denúncias no aplicativo web responsivo). O gestor artificial terá três perfis e, de acordo com o perfil escolhido, apresentará sugestão para atacar problemas mais relevantes para a população de uma determinada comunidade.

3. Simulação do ADGEPA

3.1. Justificativa

A recolta de dados por parte da aplicação web responsiva e dos protótipos Arduino com sensores ambientais toma muito tempo para que se tenha quantidade de dados satisfatória para buscar novos conhecimentos com KDD. Além disso, seria preciso quantidade elevada de sensores para que eles fossem espalhados em uma cidade. Face a esse grande obstáculo, decidimos simular os dados com uso de sistemas multiagentes. A justificativa para a escolha desta técnica se deve à facilidade de se modelar sistemas orientados a agentes; à possibilidade de se desenvolver modelos que simulem dados coerentes com a realidade; e, além disso, agentes inteligentes possuem características desejáveis para nossa aplicação, e.g.: proatividade, reatividade, cooperação, autonomia e capacidade de operar em ambientes dinâmicos [Wooldridge and Jennings 1995].

²Arduino é uma plataforma open-source para prototipação de dispositivos eletrônicos baseada em hardware e software flexíveis e fáceis de usar. Disponível em: <http://www.arduino.cc/>

3.2. Os agentes

O projeto ADGEPA prevê desenvolvimento de quatro tipos de agentes computacionais.

O primeiro agente é denominado de Agente Ambiente porque ele tem o objetivo de representar ambientes virtuais para Agentes Usuários. A simulação de dados acerca de temperatura, umidade relativa do ar, luminosidade e quantidade de monóxido de carbono deverá ser feita pelo Agente Ambiente.

Os Agentes Usuários são responsáveis pela simulação de atividades humanas em um cenário. Eles farão denúncias de acordo com a percepção do ambiente.

Agentes Mineradores são responsáveis pelo agrupamento temporal e espacial de dados. A partir desses agrupamentos, eles farão busca por associações entre aspectos socioambientais e entre esses aspectos e tempo.

O último agente é denominado Agente Gestor e tem objetivo de auxiliar gestores públicos a encontrar estratégias para reduzir ou eliminar problemas socioambientais mais denunciados pelos usuários do sistema.

3.3. A simulação

Mesmo que o tempo para coletar dados socioambientais via aplicativo web responsivo e via sensores é impraticável, decidimos seguir com o desenvolvimento experimental dos dois artefatos. Porém os dados serão simulados a princípio. Pela simulação multiagentes, acreditamos simular dados coerentes com a realidade, por exemplo, simular poluição de água em um rio ou em um lago (muitos trabalhos de simulação multiagentes apresentaram resultados muito satisfatórios, inclusive para simular humanos, e.g. [Ishida et al. 2007]).

A simulação é um grande desafio, haja vista que é preciso (a) representar um ambiente com dezenas de elementos cartográficos; (b) simular centenas ou milhares de usuários do sistema; (c) garantir que as ações simuladas (pelos Agentes Usuários) sejam coerentes; e (d) garantir que Agentes Usuários se comuniquem como Agente Ambiente de forma que sejam capazes de perceber um trecho de uma carta urbana.

Alguns elementos de cidades são: escolas, igrejas, bares, restaurantes, cinemas, teatros, feiras, supermercados e locais de trabalho. Os Agentes Usuários percebem o mapa pela comunicação com o Agente Ambiente.

Cada simulação representa um intervalo temporal que pode durar meses ou anos; possui um número de Agentes Usuários; e uma representação de um cenário urbano, feita pelo Agente Ambiente.

Findada a simulação da coleta de dados, os Agentes Mineradores são invocados para fazer agrupamentos por regiões (uma região da cidade pode ser dividida em 1000 microrregiões, por exemplo) e momentos (cada uma das microrregiões pode ser agrupada por dias, semanas ou meses). Em seguida, são feitas buscas por associações.

Ao encontrar as associações, entra em cena o Agente Gestor. Este agente faz a seleção das variáveis (denúncias ou leituras de aspectos socioambientais mais relevantes) e procura, de acordo com o seu perfil, quais variáveis devem ser atacadas para minimizar o máximo possível de problemas mais relevantes, segundo as denúncias.

Atualmente, usamos o framework JADE³ por se tratar de uma ferramenta bem aceita por comunidades científicas sobre simulação multiagentes. Além disso, JADE segue os padrões de desenvolvimentos estabelecidos pela FIPA⁴ [Bellifemine et al. 2007].

Na Figura 1, apresentamos graficamente a arquitetura de simulação para o ADGEPA.

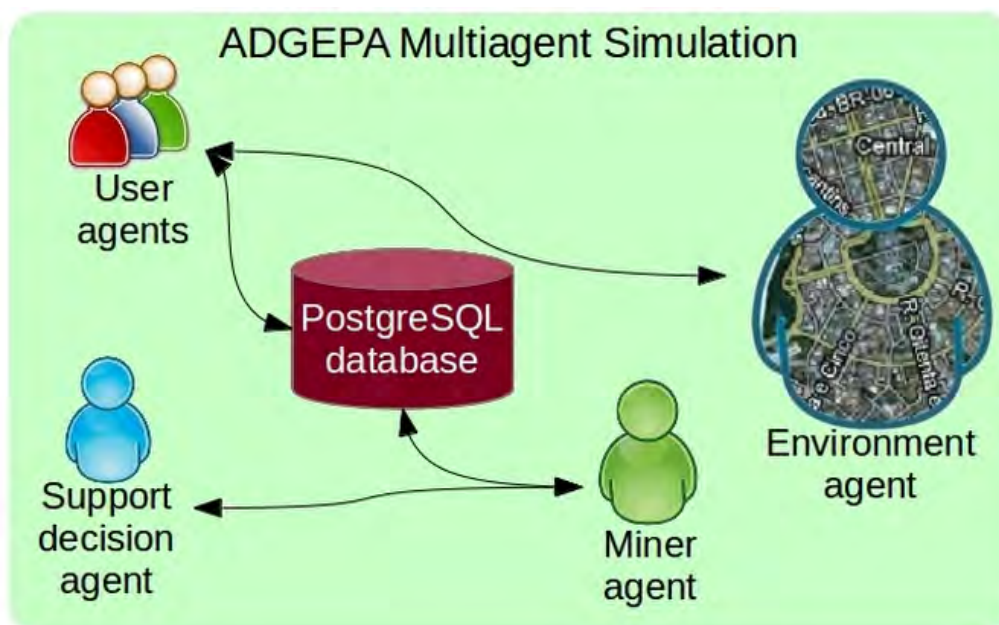


Figure 1. Arquitetura geral da simulação

4. Modelo de captação de dados ambientais

Para a captação de dados ambientais que não são percebidos ou são percebidos e classificados de forma imprecisa ou ambígua por seres humanos, desenvolvemos um mecanismo simples e de baixo custo pelo uso da plataforma de prototipagem eletrônica Arduino. Em nosso protótipo preliminar usamos uma placa Arduino Uno com processador ATmega328P, sensores de umidade, de temperatura, de luminosidade e de concentração de Monóxido de Carbono (CO) no ar, com uma placa Ethernet para a comunicação com o servidor de dados. Experimentalmente, utilizamos como fonte de energia um cabo USB ligado à porta serial do Arduino e uma placa Ethernet para a comunicação. Na Figura 2 apresentamos um esquema do protótipo com o auxílio de uma placa base de prototipagem eletrônica (protoboard).

Implementamos um programa em Arduino (linguagem de programação da plataforma homônima). Ele é responsável pela captura e conversão de sinais elétricos dos sensores em informações ambientais. O objetivo desta parte do software é receber e enviar dados pela internet a um servidor web Java, que recebe os dados e os armazena em um banco de dados.

Na versão atual, nosso protótipo afere as seguintes variáveis: temperatura, umidade relativa do ar, luminosidade e concentração de monóxido de carbono. As leituras

³JADE - Java Agent Development Framework. Disponível em <http://jade.tilab.com/>

⁴FIPA - Foundation for Intelligent Physical Agents. Disponível em <http://www.fipa.org/>

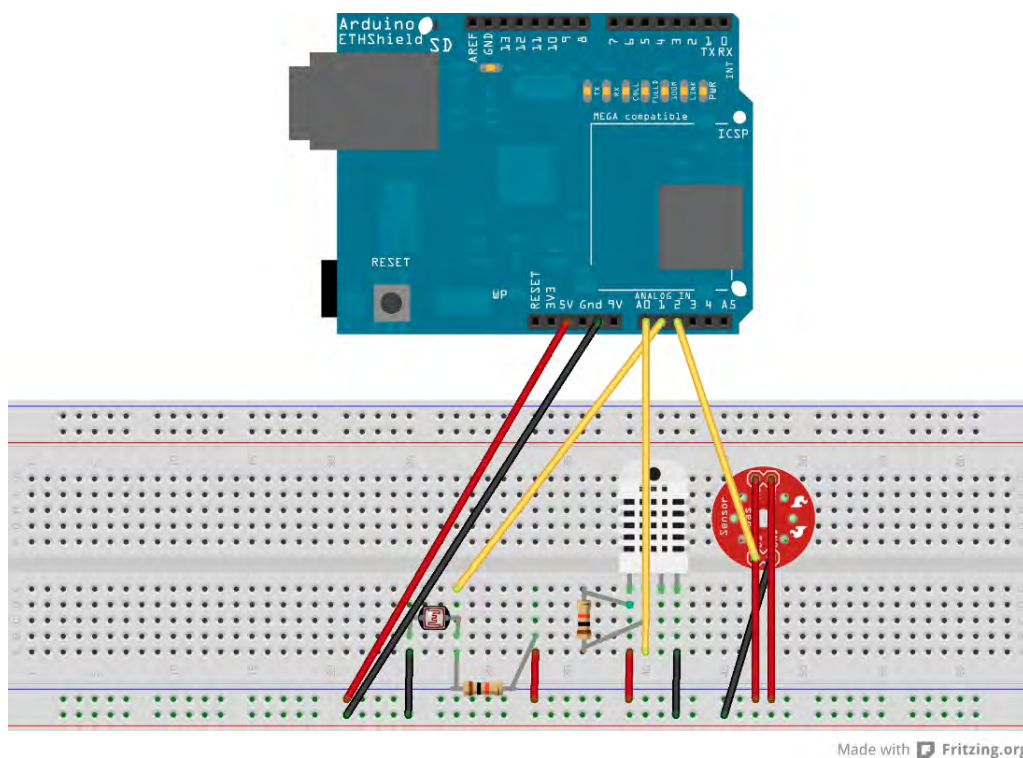


Figure 2. Esquema do protótipo

são feitas em intervalos de tempo pré-definidos. Inicialmente, nosso programa foi ajustado para fazer leituras a cada 10 minutos (esse tempo pode ser facilmente modificado de acordo com a modelagem). A cada leitura, o protótipo verifica se há necessidade de envio de dados ao servidor. Atualmente, descartamos envio de dados quando ocorrem mudanças na ordem de até: dois graus Celsius, cinco por cento da umidade relativa do ar, cinco por cento no valor de luminosidade e cinco por cento no valor da concentração de monóxido de carbono. Os valores desprezados para temperatura e umidade foram escolhidos com base na margem de erro apresentada na especificação do fabricante.⁵ Isto é, se o componente para aferir temperatura atmosférica registra mudança de 1 grau na temperatura (para cima ou para baixo), não é feito novo envio de dados ao servidor. Para os demais componentes, não encontramos informações acerca da margem de erros de aferições nas especificações do fabricante. Assim, propomos desprezar mudanças na ordem de até 5 por cento.

Em nosso modelo, pequenas variações nos valores não causam envio dos dados. Essa decisão proporciona economia de energia (que pode ser um ponto crítico no protótipo de sensores) e a redução de tráfego de dados desnecessários (que pode ser um ponto crítico por se tratar de conexão em redes com capacidade de tráfego limitado).

5. Trabalho atual e prospecto de atividades

O nosso projeto é bastante abrangente e envolve simulação multiagentes; captação de dados socioambientais via aplicativo e via rede de sensores; descoberta de conhecimento; e suporte a decisão. A maior parte dos agentes se encontram em fase de modelagem

⁵Disponível em <http://www.micro4you.com/files/sensor/DHT11.pdf>

(agente usuário, agentes mineradores e agente gestor). O agente ambiente está em fase de codificação. Com relação à plataforma de sensores, estamos em fase de estudo para viabilizar o uso do protótipo; para isso, é preciso que (i) o fornecimento de alimentação elétrica ao protótipo seja mais duradouro e (ii) que a forma de envio de dados não dependa de uma rede Ethernet e possa ser realizada através de rede sem fio.

6. Conclusão

Neste artigo, apresentamos o projeto ADGEPA e demos ênfase em uma das suas formas para captação de dados: uso de dispositivos sensoriais para leitura de dados ambientais. Tendo em vista a necessidade de grande lapso temporal para coleta de dados pela aplicação web responsiva e pelos sensores de captação de variáveis ambientais, o projeto propõe a simulação de dados com o uso de Sistema Multiagentes. O projeto ainda é recente e não possui todos os seus módulos desenvolvidos. Ainda será necessário fazer a integração das partes, testes e avaliações ao final deste processo.

Pelo uso da plataforma Arduino para captação de dados ambientais, percebemos grande flexibilidade em relação a mudanças. Isso nos possibilita, por exemplo, alterar os tipos de sensores (para captar outras variáveis) ou a forma de comunicação com o servidor, que poderia ser substituída por outras tecnologias como Bluetooth e UMTS (3G). As mudanças podem ser feitas facilmente, com baixo custo e não apresentam impactos ou inconsistências no funcionamento do restante do sistema. Dessa forma, o módulo de captação de dados também é flexível e representa boas oportunidades para estudos futuros, além de proporcionar a captura de dados que seres humanos têm dificuldade de percepção precisa, como temperatura, umidade e pressão do ar.

Sabemos que a simulação multiagentes não representará fielmente ambientes e/ou dados gerados por usuários humanos ou captados por sensores. Todavia, acreditamos que, após a integração dos módulos do projeto ADGEPA, os módulos para descoberta de conhecimento e para suporte a decisão independarão do cenário. Isso, ao nosso entender, os tornam muito promissores. Críticas e dados de projetos similares ou relacionados são bem-vindos.

7. Agradecimentos

Agradecemos aos professores Ivanilton José de Oliveira e Patrícia de Araújo Romão; ao aluno de mestrado Leonardo Afonso Amorim; e aos alunos de graduação Alex Pereira Maranhão, Mirelle Cristina Lima Silva e Carlos Henrique Barros Costa por suas valiosas contribuições nas atividades desenvolvidas no projeto. Atualmente, o projeto é financiado pela FAPEG.

References

- Adamatti, D. F. (2007). *Insertion of virtual players in role-playing games group decision support systems: An experiment in the natural resources management domain*. PhD thesis, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Angove, P., O'Flynn, B., Hayes, J., Diamond, D., O'Grady, M. J., and O'Hare, G. M. (2010). Air-quality monitoring for pervasive health. *IEEE pervasive computing*.

- Bellifemine, F., Caire, G., and Greenwood, D. (2007). *Developing Multi-Agent Systems with JADE*. Wiley, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England.
- Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., and Smyth, P. (1996). From data mining to knowledge discovery in databases. *AI Magazine*.
- Ishida, T., Nakajima, Y., Murakami, Y., and Nakanishi, H. (2007). Augmented experiment: Participatory design with multiagent simulation. In *International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI'07)*.
- Rosi, A., Bicocchi, N., Castelli, G., Corsini, A., Mamei, M., Zambonelli, F., and Berti, M. (2010). Landslide monitoring in the emilia romagna apennines. *IEEE pervasive computing*.
- Sebba Patto, V. (2010). *The use of assistant agents for the analysis and decision making in participatory management*. PhD thesis, UFR d'Informatique, Université Pierre et Marie Curie.
- Silva, M. P. D. S. (2004). Mineração de dados - conceitos, aplicações e experimentos com weka. *Sociedade Brasileira de Computação*.
- Vikatos, P., Theodoridis, E., Mylonas, G., and Tsakalidis, A. (2011). Patrassense- participatory monitoring of environmental conditions in urban areas using sensor networks and smartphones. In *Panhellenic Conference on Informatics*.
- Wall, J. and Ward, J. (2009). Optimal distributed control for sustainable buildings. *IEEE pervasive computing*.
- Wooldridge, M. and Jennings, N. R. (1995). Intelligent agents: Theory and practice. *The Knowledge Engineering Review*.