

# Uma Proposta de Banheiro com Reaproveitamento de Recursos Naturais Gerenciados por Sistema Multi-Agente

Fabian Cesar Pereira Brandão Manoel<sup>1</sup>, Carlos Eduardo Pantoja<sup>1,2</sup>

fabian.manoel@eic.cefet-rj, pantoja@cefet-rj.br

<sup>1</sup> Centro Federal de Educação e Tecnologia Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ)

<sup>2</sup> Universidade Federal Fluminense (UFF)

Início: 2015

---

## **Resumo.**

Água e eletricidade são recursos fundamentais no dia-a-dia das pessoas, porém, estes recursos têm sido pouco explorados, o que resulta em impactos no meio ambiente e grandes gastos financeiros. De acordo com a Encontro Digital, “Brasileiro Gasta Mais Água que o Recomendado pela ONU”. Isso porque uma pessoa precisa consumir 110 litros de água por dia, porém, dados do Sistema Nacional de Informações Sobre o Saneamento mostram que este consumo já chegou a 154 litros, ou seja, 44 litros acima do recomendado. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), desde 2015, com o surgimento das bandeiras tarifárias, o usuário tem pago tarifas altas nas contas de luz devido aos períodos de seca que trouxeram a necessidade de substituir usinas hidrelétricas por termelétricas. Portanto, o objetivo deste trabalho é propor um modelo de ambiente inteligente capaz de economizar água e eletricidade utilizando técnicas autônomas, como Sistemas Multi-agentes (SMA), tornando possível a presença de dispositivos inteligentes imperceptíveis aos usuários [1]. Sistema Multi-Agente é um conceito da inteligência artificial, composto por agentes autônomos capazes de tomar decisões para atingirem um objetivo comum [2]. O fato dos SMA possuírem agentes com capacidade de interagir uns com os outros e adquirirem percepções do ambiente os tornam capazes de gerenciar recursos hídricos e elétricos, permitindo atingir o consumo ideal de água estabelecido pela ONU e diminuir os gastos com a conta de luz. Para isso, foi criado um protótipo de banheiro projetado para coletar a água da chuva, que será utilizada em conjunto com a água vinda das concessionárias para alimentar todo o cômodo; além disso, toda a água consumida será reutilizada na descarga sanitária. O protótipo também foi projetado para converter energia solar em energia elétrica, que será usada em conjunto com a energia vinda das usinas para alimentar o cômodo. Os SMA, além de gerenciar estes recursos, realiza um processo de verificação de emergência no banheiro, o que permite reconhecer o estado de saúde do usuário em tempo real e alertar a situação ao meio externo. Ao realizar um estudo de caso com essa abordagem, foi possível ver que o sistema atinge o nível ideal de consumo de água estabelecido pela ONU; além disso, foi possível ver que a instalação de um sistema de coleta de energia solar demandaria um investimento de 36 meses até que seja percebido o retorno financeiro que o sistema trouxe.

## 1. Descrição

Considerando que 78% do consumo de água de uma casa está no banheiro e o consumo elétrico mensal no cômodo pode chegar a 32 kWh por pessoa, a ideia deste trabalho é aplicar a economia de água e eletricidade num banheiro utilizando um modelo capaz de capturar estes recursos do meio ambiente e um SMA para gerenciá-los de forma autônoma. Para isso, foi criado um protótipo de banheiro com o hardware adaptado para coletar estes recursos e se comunicar com o SMA através de sensores. Toda água é fornecida por duas caixas d'água, onde uma delas armazena a água da chuva, e é consumida na pia e no chuveiro; essa água é armazenada na cisterna e reutilizada na descarga sanitária. A energia elétrica é fornecida pela rede e por um painel solar com um circuito responsável por coletar a energia convertida, armazená-la em baterias e utilizá-las na iluminação e chuveiro do banheiro quando houver carga suficiente. O SMA controla o banheiro utilizando agentes responsáveis por cada parte do hardware, ou seja, existe um agente dedicado para o chuveiro, descarga, pia, iluminação e porta (permitindo o consumo), reservatórios e bombas hidráulicas (definindo o uso adequado de água) e energia elétrica (decidindo quando usar baterias). Estes agentes recebem percepções sobre o ambiente e executam planos baseados em suas crenças, desejos e intenções de economia através do agente gerenciador Argo, que implementa programação em ambientes robóticos reais [3] utilizando o middleware Javino (camada capaz de trocar mensagens entre microcontroladores ATMEGA-328 e programas de alto nível como o java) [4]. Já o agente Status é responsável por garantir a segurança baseado no sensor de presença, acionamento da porta e status anterior. Os status do banheiro são *livre*, *em espera* (quando o banheiro está em mudança de livre para ocupado), *ocupado*, *atenção* (quando um comportamento suspeito do usuário é identificado pelo sensor de presença), *alerta* (quando o banheiro está alertando algum problema para o meio externo), *em ajuda* (quando o usuário está sendo ajudado após um problema).

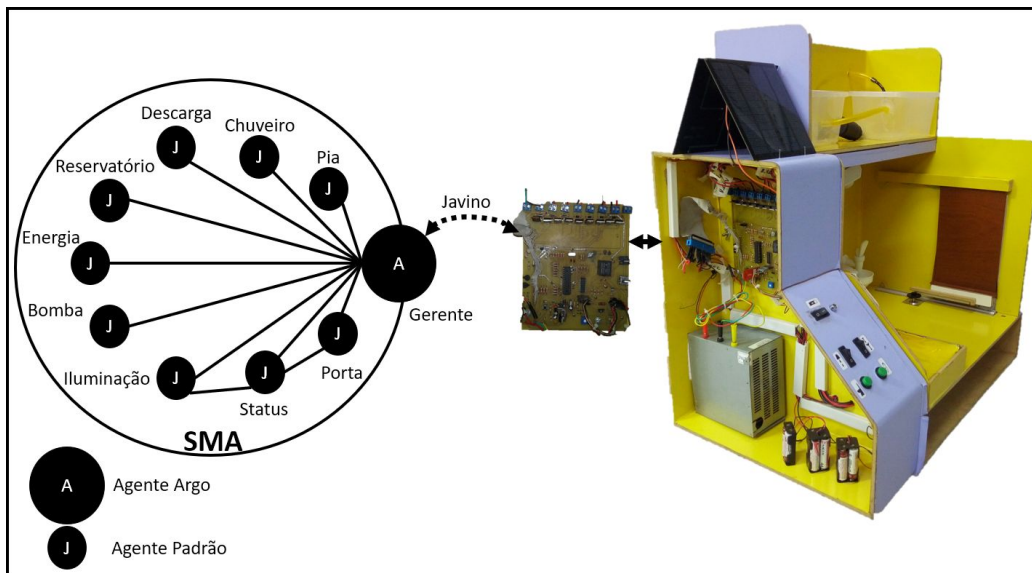


Figura 1. Integração do protótipo com o SMA

Este projeto atinge usuários que residem em locais com eventuais crises hídricas e/ou com grandes variações nos valores das contas de luz. O projeto pode ser aplicado a todos que desejarem investir em sustentabilidade e independência de recursos essenciais com aplicações de ambientes inteligentes e autônomos.

## 2. Resultados

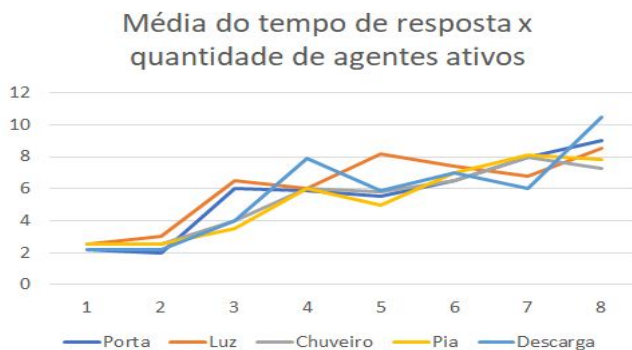
Este trabalho já resultou no protótipo de um banheiro em escala reduzida com as características físicas propostas para economizar recursos hídricos e elétricos por meio do SMA. Além disso, a comunicação entre o SMA e o hardware do protótipo já são possíveis utilizando a arquitetura customizada Argo que se comunica com o microcontrolador ATMEGA-328 da placa física. Esta integração trouxe ao SMA a possibilidade de obter informações do ambiente através dos sensores do protótipo e enviar comandos de acionamento para os atuadores.



**Figura 2. Protótipo do banheiro em escala reduzida**

Alguns testes foram realizados para avaliar a performance dos agentes em duas abordagens: na primeira, o agente Argo apenas distribui as percepções adquiridas do ambiente enquanto os agentes padrão são responsáveis pelo raciocínio referente ao controle de seus componentes físicos; já na segunda, semelhante à primeira, se diferencia pelo fato de que o agente Argo passou a ter planos de crença, ou seja, não apenas distribuição de suas percepções. Também foi testado o tempo de resposta de cada agente considerando a quantidade de agentes ativos no SMA, onde foram feitos três registros de throughputs para cada agente novo ativo no sistema. Os resultados mostraram que entre as duas abordagens, a primeira oferece melhor performance, já que o raciocínio para as tarefas é distribuído dentro do SMA e quanto maior o número de agentes, maior é o tempo de resposta para alguma operação.

Embora o tempo de resposta varie de acordo com a quantidade de agentes ativos, foi possível ver nos testes que isso não interfere na economia já que o agente Energia ainda consegue priorizar o uso de energia solar e o agente Bomba, junto com o agente Reservatório, conseguem priorizar o uso de água da chuva.



**Figura 3. Gráfico da média de tempo de resposta de 5 agentes pela quantidade de agentes ativos**

### 3. Relevância

Este trabalho visa economizar água e eletricidade através da reutilização inteligente de recursos naturais, como água da chuva e energia solar. Dessa forma, este modelo incentiva as pessoas a economizarem ao mesmo tempo que contribuem para a conservação do planeta, já que estarão deixando de utilizar água dos reservatórios coletivos e de dependerem de usinas prejudiciais ao meio ambiente, como as usinas termelétricas. Uma das vantagens de utilizar o modelo proposto é que quanto mais residências forem implementadas dessa forma, menor é a preocupação com a perda de volume de reservatórios de água (neste caso, o usuário poderá expandir a capacidade do local de adquirir água) e com as fontes poluidoras de energia elétrica. Além disso, este sistema pode contribuir financeiramente, pois estará dando ao usuário mais uma fonte de energia, mas que pode ser explorada de forma gratuita.

Um estudo de caso foi realizado para avaliar a diferença entre implementar o modelo proposto por este trabalho e implementar um modelo convencional. Os dados foram baseados em simuladores encontrados nos sites do G1 e da Light, respectivamente. Baseado em dados da ONU, o brasileiro gasta, diariamente, 154 litros de água, valor 44 litros maior que o recomendado; a Tabela 1 compara os resultados com e sem a implantação do sistema do banheiro, considerando um aproveitamento de 30% de consumo de água pluvial em cima dos valores simulados.

<b>Componente</b>	<b>Proporção utilizada por dia em uma casa (%)</b>	<b>Consumo de água potável sem a implantação do Banheiro Consciente (L)</b>	<b>Consumo de água potável considerando que foram aproveitados 30% de água pluvial e cisterna (L)</b>
Chuveiro	55	84	54,6
Descarga Sanitária	3	6	0
Pia	18	30	19,5
Total no banheiro	78	120	74,1
Outros	22	34	34

**Tabela 1: Comparativo de consumo de água com e sem a implantação do modelo proposto**

O consumo elétrico também foi simulado, onde foi considerada uma pessoa que utilize uma lâmpada de 40w por 4 horas e um chuveiro de 5500W por 10 minutos a cada dia, durante 30 dias, totalizando 32 kWh. Nessas condições, o consumo poderia ser compensado através da instalação de uma placa solar de 330W.

Neste cenário, o SMA possui o papel mais importante do sistema: o de garantir que estes recursos sejam bem aproveitados de forma cada vez mais inteligente e autônoma, ou seja, garantindo sempre a maior economia possível de água e eletricidade, além de promover a segurança. Ultimamente, tem sido cada vez mais aplicável o conceito de Internet das Coisas, que é caracterizado pela interligação dos componentes físicos entre si. Com o auxílio do SMA, cômodo com essas características são conhecidos como um Ambiente Inteligente [5]. Ambientes com essas características têm a capacidade de interagir continuamente com os usuários de forma ubíqua e inteligente, podendo sempre melhorar sua capacidade de tomadas de decisão. O vídeo (<https://youtu.be/XBH1H346iMg>) apresenta a lógica de status do Banheiro utilizando SMA e Internet das Coisas.

#### **4. Trabalhos Relacionados**

Alguns trabalhos relacionados surgem com a ideia de economia de eletricidade e água, porém a maioria decide focar em apenas um recurso natural. É o caso do site Sempre Sustentável, que trabalha com o projeto experimental de reutilizar a água do banho familiar para as descargas no vaso sanitário. Outro trabalho foca na utilização de caixas d'água com botões específicos para substâncias líquidas e sólidas. Na eletricidade, existe um trabalho [6] que estuda o aproveitamento da energia de biogás resultante da incineração de chorume para geração de eletricidade. Como pode ser visto, o banheiro abrange as duas necessidades.

Existem trabalhos usando SMA, como [7], onde o sistema é usado para visualizar atividades e comportamento de pedestres, onde cada interação atualiza agentes de forma paralela sobre as regras locais. Porém, este trabalho é aplicado em um ambiente simulados por computadores. Por outro lado, quando estes ambientes não são simulados, o SMA fica limitado apenas a uma aplicação específica, como é o caso do SMA aplicado em robôs da plataforma Lego [8]. No caso do trabalho proposto, o SMA é aplicado em um ambiente real através da arquitetura Argo que permite a comunicação com microcontroladores como o Arduino, utilizando o protocolo de envio e recebimento de pacotes entre SMA e firmware, conhecido como Javino.

Uma das limitações do projeto está no custo inicial de implementação, já que os equipamentos para instalação do sistema são caros, mesmo que tragam retorno a longo prazo (como é o caso do painel solar). Um outro ponto a ser melhorado é a velocidade das tomadas de decisões do SMA, já que seu ciclo de raciocínio demanda longo tempo de processamento. Um fator que pode otimizar a velocidade das decisões é utilizar outro microcontrolador para permitir a existência de dois canais de comunicação entre o meio físico e o meio cognitivo.

## 5. Conclusão

O Banheiro Consciente foi criado com o intuito de reduzir gastos de água e eletricidade aplicando a sustentabilidade por meio de um SMA. Conforme foram decorridos os estudos, foi sendo percebido a importância de se implantar este tipo de sistema no dia-a-dia, pois dá ao usuário a independência que o cenário inconstante pede.

Acredito que o projeto tem grande potencial de crescimento, inovação e utilidade, além de ser uma nova alternativa para promover a sustentabilidade, ainda mais em momentos em que a preocupação com o ambiente tem aumentado. Para realizar o protótipo, contei com a ajuda do Projeto Turing, que é um programa focado em desenvolver projetos sociais para auxílio e contribuição à comunidade. Lá, tive a chance de aprender novas técnicas para o projeto, publicar artigos, apresentar trabalhos em eventos como a MNR (Mostra Nacional de Robótica) de 2015 e de 2016, ser consagrado com o V e o VI Prêmio do CREA-RJ, etc.

A conquista deste prêmio representaria a oportunidade de avançar os estudos de inteligência artificial para monitoramento de recursos limpos, permitindo ao sistema fazer prevenções sobre a excedência de consumo e relatar ao usuário análises diárias que lhe informe todo o histórico de consumo, apresentando pontos críticos e em melhora. Além disso, o prêmio daria a oportunidade de disponibilizar o sistema do banheiro em escala nacional e internacional, o que significa expor uma solução que abrange o bem comum a grande parte dos países sendo representado pelo Brasil. Logo, acredito que a oportunidade de dar continuidade com o projeto aumenta a visibilidade para a ciência do Brasil, além de auxiliar as pessoas a aplicarem a sustentabilidade de forma gradativa e progressiva.

## 6. Referências

- [1] E. Aarts and B. De Ruyter, “New research perspectives on ambient intelligence,” *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, vol. 1, no. 1, pp. 5–14, 2009.
- [2] M. Wooldridge, *An Introduction to Multi-Agent Systems*. Wiley, 2009.
- [3] C. E. Pantoja, M. F. Stabile, N. M. Lazarin, and J. S. Sichman, “ARGO: An extended jason architecture that facilitates embedded robotic agents programming,” in *Engineering Multi-Agent Systems: 4th International Workshop, EMAS 2016*, M. Baldoni, J. P. Muller, I. Nunes, and R. Zalila-Wenkstern, Eds. Springer, 2016, pp. 136–155.
- [4] N. M. Lazarin and C. E. Pantoja, “A Robotic-Agent Platform for Embedding Software Agents using Raspberry Pi and Arduino Boards,” in *9th Software Agents, Environments and Applications School*, 2015.
- [5] N. Sanchez-Pi, E. Mangina, J. Carbó, and J. M. Molina, *Multi-agent System (MAS) Applications in Ambient Intelligence (AmI) Environments*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010, pp. 493–500.
- [6] J. D. Pagliuso, C. R. Regattieri, “Estudo do aproveitamento da energia do biogás proveniente da incineração do chorume para geração de eletricidade”, in *Revista Brasileira de Ciências Ambientais - número 16*, 2018.
- [7] J. Dijkstra, H. J. Timmermans, A. Jessurun, “A Multi-Agent Cellular Automata System for Visualising Simulated Pedestrian Activity” in *Springer-Verlag London Limited* 2001.
- [8] K. Clark and P. Robinson. *Robotic agent programming in TeleoR*. In *Robotics and Automation, 2015 IEEE International Conference on*, pages 5040–5047, 2015.

**Fabian Cesar Pereira Brandão Manoel**, Ensino Superior cursando - Bacharelado em Ciências da Computação - CEFET/RJ, campus Maracanã - 2017.2 Cursando;

**Prêmios e Títulos:**

- Bolsista de Iniciação Científica Júnior da CNPq em 2016, através da MNR;
- Monitoria das disciplinas Programação I e II, Java, Redes de computadores, Eletricidade Básica e Eletrônica Básica e Digital entre 2014 e 2016;
- Menção Honrosa no VI Prêmio CREA-RJ de Trabalhos Científicos e Tecnológicos na área de Automação Industrial, CREA-RJ, 2016;
- Primeiro colocado na área Eletrotécnica da Exposição de Projetos de Nível Técnico (EXPOTEC) do CEFET/RJ em 2016;
- Primeiro colocado na área de Ciências da Computação da EXPOSUP o CEFET/RJ 2017;

**Produções:**

- MANOEL, F. C. B.; NUNES, P. S. M.; PANTOJA, C. E.; SAMYN, L. M. Protótipo De Banheiro Econômico Em Água e Eletricidade Aplicando Automação. In: Mostra Nacional de Robótica (MNR 2015), 2015
- MANOEL, F. C. B.; NUNES, P. S. M.; PANTOJA, C. E.; SAMYN, L. M. Protótipo De Um Banheiro Automatizado Com Capacidade Para Monitoramento De Consumo De Água e Energia Elétrica. In: Mostra Nacional de Robótica (MNR 2016), 2016
- JESUS, V. S.; MANOEL, F. C. P. B. ; PANTOJA, C. E. ; SAMYN, L. M. . LuBras: Uma Arquitetura de um Dispositivo Eletrônico para a Comunicação Libras-Língua Portuguesa Utilizando o Javino. In: I Workshop de Pesquisa em Computação dos Campos Gerais (WPCCG), Ponta Grossa/PR, 2016.
- MANOEL, F. C. B.; NUNES, P. S. M.; JESUS, V. S.; PANTOJA, C. E.; VITERBO, J. Managing Natural Resources in a Smart Bathroom Using a Ubiquitous Multi-Agent System. In: 11th Workshop-School on Agents, Environments, and Applications (WESAAC), São Paulo/SP, 2017.
- MANOEL, F. C. P. B.; NUNES, P. S. M. ; JESUS, V. S. ; PANTOJA, C. E. ; VITERBO FILHO, J. . Applying Multi-Agent Systems in Prototyping: Programming Agents For Controlling a Smart Bathroom Model With Hardware Limitations. REVISTA JUNIOR DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIA, v. 1, p. 1-8, 2017.
- JESUS, V. S.; MANOEL, F. C. B.; PANTOJA, C. E.; VITERBO, J. Transporte de Agentes Cognitivos entre SMA Distintos Inspirado nos Princípios das Relações Ecológicas. In: 12th Workshop-School on Agents, Environments, and Applications (WESAAC), Fortaleza/CE, 2018
- NUNES, P. S. M.; IGOR M. de Almeida; THIAGO C. Picanço; PANTOJA, C. E.; SAMYN, L. M.; JESUS, V. S. ; MANOEL, F. C. P. B. Explorando a Comunicação entre Sistemas Multi-Agentes Embarcados em Ambientes Inteligentes para IoT: Uma Proposta de Laboratório. In: 12th Workshop-School on Agents, Environments, and Applications (WESAAC), Fortaleza/CE, 2018
- PANTOJA, C. E.; JESUS, V. S.; MANOEL, F. C. B.; VITERBO, J. A Heterogeneous Architecture for Integrating Multi-Agent Systems in a Aml Systems. In: Software Engineering And Knowledge Engineering (SEKE 2018), San Francisco, EUA, 2018.

**Avaliação de Pontos:**

5.2: 16 pontos; 5.3: 9 pontos; 5.4: 20 pontos