

Environmental Measurement Technology: An Approach to the Amazonian Environment

O. A. Chase, *Senior Member, IEEE*, A. N. Carvalho, E.S.S. Andrade, J. F. Almeida, C. T. Costa

Abstract — This paper presents the development of an environmental measurement technology prototype based on Internet of Things (IoT) for intelligent monitoring of environmental variables called PLACOT2AM. The system performs all the functions of an Environmental Monitoring System and has the task of analyzing behavior in environments by an intelligent agent, which processes the patterns related to environmental variables of temperature, relative humidity and atmospheric pressure. The sensor hardware is composed of a computational embedded unit with wireless communication interfaces with the Internet of Things. The analysis of thermal comfort is made in this study and the results are presented.

Keywords — Environmental Measurement Technology, Internet of Things, Thermal Comfort, Urban Planning.

I. INTRODUÇÃO

O monitoramento ambiental impacta de forma decisiva os serviços relacionados a ecossistemas [1]. O monitoramento ambiental é em essência a coleta de dados com o propósito de obter informações sobre uma característica e/ou comportamento de uma variável ambiental. Isto é feito através de procedimentos de coleta de dados, estudo e acompanhamento contínuo e sistemático das variáveis ambientais. O objetivo é identificar e avaliar qualitativa e quantitativamente as condições dos recursos naturais em um determinado momento, assim como as tendências ao longo do tempo [2].

A tecnologia ambiental é a aplicação de uma ou mais vertentes das ciências ambientais, química verde, monitoramento ambiental e dispositivos eletrônicos para monitorar, modelar e conservar o meio ambiente e seus recursos. O termo também é usado para descrever tecnologias de geração de energia sustentável como células fotovoltaicas, turbinas eólicas, biorreatores, etc. [3]. As tecnologias ambientais têm o foco no desenvolvimento sustentável [4].

A tecnologia de mensuração ambiental contrasta com suas congêneres por não focar necessariamente na redução dos impactos produzidos pela humanidade sobre o ambiente natural, mas sim por subsidiar o entendimento de como o meio ambiente vem se alterando e quais são as melhores

alternativas para minimizar os impactos dessas alterações sobre a perspectiva de qualidade de vida da população [4].

As tecnologias de mensuração ambiental consistem em um arcabouço de sistemas embarcados e metodologias de aquisição e tratamento de sinais de sensores ambientais (e.g. temperatura, umidade, radiação solar, poluição do ar e velocidade dos ventos) para tomada de decisões [5][6]. A mensuração para auxílio na tomada de decisões é o propósito da tecnologia de mensuração ambiental, um campo de estudo transdisciplinar, sistêmico e cujas soluções comumente são convergentes [7].

A internet das coisas (*Internet of Things* – *IoT*) conecta objetos à internet, gerando dados e informações que antes não eram acessíveis [8]. A *IoT* é uma rede de objetos físicos – dispositivos, veículos, edifícios, entre outros itens incorporados com eletrônica, software, sensores e conectividade de rede, que permitem que estes objetos possam coletar e trocar dados. A *IoT* provê infraestrutura total para a disseminação das tecnologias de mensuração ambiental de maneira local (*in situ*) ou remota (*ex situ*) [6][10].

Este trabalho apresenta o protótipo em desenvolvimento da Plataforma Convergente Transdisciplinar para a Amazônia – PLACOT2AM, uma tecnologia de mensuração ambiental *in situ* baseada em internet das coisas (*IoT*).

O objetivo da plataforma é prover informações sobre o conforto térmico pela temperatura de orvalho (T_d) nas instalações do LASIC (Laboratório de Sistemas Ciberfísicos) da UFRA (Universidade Federal Rural da Amazônia). Isto ajuda os pesquisadores do LASIC a criarem estratégias para diminuir os efeitos das condições de risco do conforto térmico em suas atividades de campo.

A PLACOT2AM integra o conhecimento dos sistemas ambientais, sistemas computacionais embarcados, agentes inteligentes, sensores e internet das coisas em um único estudo; para apresentar uma solução integrada. Esta solução descentraliza o processamento de diagnósticos para tomadas de decisões, através da infra-estrutura da *IoT* e o crescente poder de processamento dos sistemas embarcados.

Assim, além desta introdução, o restante do artigo é organizado da seguinte forma: na Seção 2, é apresentado o desenvolvimento da tecnologia de mensuração ambiental PLACOT2AM e os detalhes sobre a influência da temperatura e umidade medidas na área da UFRA. Na Seção 3, é apresentado o teste de campo. Os resultados experimentais e as considerações finais sobre todo este desenvolvimento são apresentados nas Seções 4 e 5, respectivamente.

O.A. Chase, Instituto Ciberespacial da Universidade Federal Rural da Amazônia (ICIBE-UFRA), Belém, Pará, Brasil, otavio.chase@ufra.edu.br

A.N. Carvalho, Biodiversity Research Consortium Brasil-Norway (BRC), Belém, Pará, Brasil, anc.ambiental@gmail.com

E.S.S. Andrade, Instituto Ciberespacial da Universidade Federal Rural da Amazônia (ICIBE-UFRA), Belém, Pará, Brasil, edson.andrade@ufra.edu.br

J.F.S. Almeida, Instituto Ciberespacial da Universidade Federal Rural da Amazônia (ICIBE-UFRA), Belém, Pará, Brasil, felipe.almeida@ufra.edu.br

C.T. Costa Junior, Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará (ITEC-UFPA), Belém, Pará, Brasil, cartav@ufpa.br

II. PROJETO E ARQUITETURA DA PLACOT2AM

A plataforma desenvolvida neste trabalho é uma tecnologia de mensuração ambiental do tipo *in-situ*. A PLACOT2AM tem como missão mensurar, gravar, analisar e enviar para a IoT os dados de variáveis climáticas. Toda a sua funcionalidade é provida através de uma integração de software e hardware.

A característica distintiva desta pesquisa é desenvolver no contexto de tecnologia ambiental a arquitetura de uma plataforma multissensorial, transdisciplinar (onde transcende em várias áreas do conhecimento) e convergente para o monitoramento ambiental *IN SITU* de ambientes. A Figura 1 apresenta a PLACOT2AM.

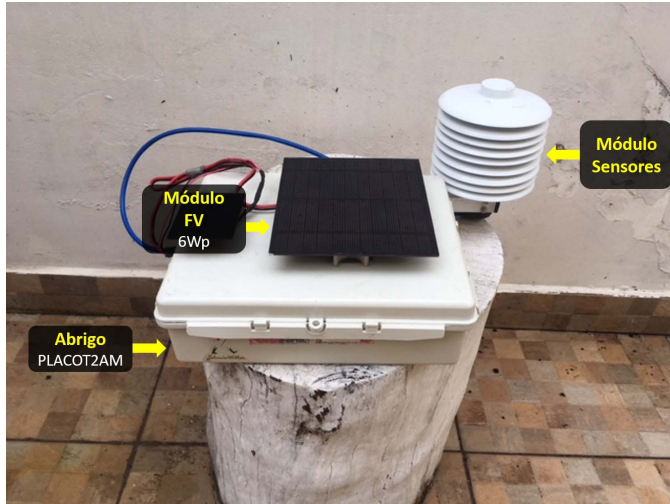


Figura 1. PLACOT2AM.

O alojamento meteorológico do módulo de sensores é desenvolvido em aletas de alumínio com pintura epox, permitindo uma perfeita ventilação. Isto evita que o sensor sofra influências da radiação solar e chuva, obtendo com isto uma medida real do ar externo.

A caixa plastica tem classificação IP67, selada contra poeira e resistente a água se submersa até 1 metro de profundidade por até 30 minutos [10]. Na plataforma são usadas duas caixas IP67 para proteção dos circuitos da central de gerência e comunicação e, proteção do banco de baterias.

O projeto da plataforma é composto por 3 partes: 1. Uma central de gerência e comunicação, que realiza o gerenciamento de energia do tipo solar fotovoltaica, aquisição e processamentos dos dados de sensores; 2. A comunicação com o *broker IoT*; 3. Agente inteligente para processamento da temperatura de orvalho a partir dos dados mensurados.

A. Central de Gerência e Comunicação

A Figura 2 apresenta a arquitetura da PLACOT2AM (sistema), a interação sistêmica entre suas partes (subsistemas) e o Ambiente (suprasistema) que a circunda [11]. O computador embarcado realiza a aquisição, processamento, análise especialista e gravação dos dados de sensores.

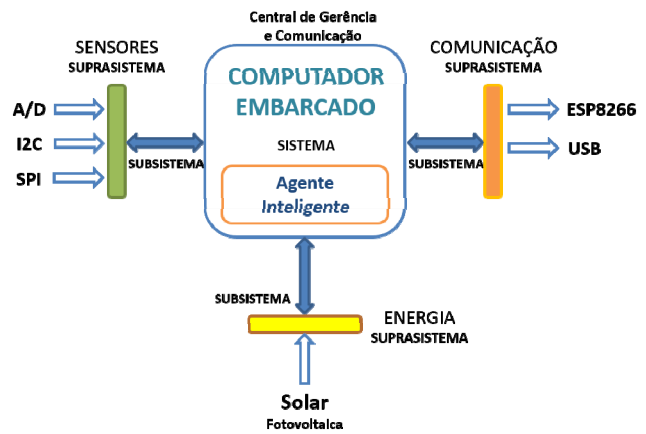


Figura 2. Arquitetura da PLACOT2AM

O computador embarcado da plataforma é um ESP8266, também considerado um chip de acesso Wi-Fi de baixo custo, com a pilha completa do TCP/IP (Transfer Control Protocol / Internet Protocol) baseado no padrão IEEE802.11 (b/g/n) a uma frequência de 2.4GHz. Este chip também é denominado de habilitador para internet das coisas, pois permite que computadores embarcados possam se conectar a uma rede Wi-Fi por TCP/IP usando comandos do tipo *Hayes* [8][12].

A plataforma armazena dados em um cartão de memória do tipo SDHC (*Secure Digital High Capability*) com capacidade de 4GB. Os dados estão relacionados ao monitoramento dos sensores e o resultado da análise feita pelo agente inteligente. O barramento de comunicação é do tipo SPI (*Serial Peripheral Interface*). O RTC (*Real Time Clock*) modelo DS3231 é um relógio de tempo real de alta precisão. Ele gera a referência de tempo para a plataforma. O RTC gera a cada minuto uma interrupção para o computador embarcado para gravação em cartão de memória e gravação dos dados.

O sistema fotovoltaico do tipo isolado (SFI) gera energia elétrica para a plataforma, através de uma placa solar fotovoltaica de silício monocristalino (*c-Si*) com potência de 6Wp e, eficiência de 17%. A energia é armazenada em um banco de baterias (Li-íon) equivalente a 3,7VCC/8,8Ah. A plataforma consome 7,2Wh/dia e o SFI possui dois dias de autonomia (para períodos nublados, chuvosos ou com pouca radiação solar). Um controlador de carga em corrente contínua gerencia a energia das placas fotovoltaicas e baterias para fornecer 3,3VCC para todos os componentes da PLACOT2AM. A aquisição de dados ambientais é feita através de sensores descritos na tabela 1.

TABELA I
MÓDULO DE SENSORES DA PLACOT2AM

| SENSOR (MÓDULO) | VARIÁVEL (UNIDADE) | FAIXA (ACURÁCIA) |
|-----------------|----------------------------|------------------------------|
| DHT21 | TEMPERATURA DO AR (°C) | -40 ~ 80 °C (± 0,5 °C) |
| | UMIDADE RELATIVA DO AR (%) | 1 ~ 100 % (± 5%) |
| BMP180 | PRESSÃO ATMOSFÉRICA (hPa) | 300 ~ 1100 hPa (0,03 hPa) |

O DHT21 é um sensor capacitivo de temperatura e umidade relativa do ar. Este sensor possui comunicação do tipo 1-wire e conta com um conversor A/D de 10bits.

O BMP180 é um sensor de alta precisão com conversor A/D de 14 bits, para medir a altitude, temperatura e a pressão atmosférica. Este sensor possui comunicação do tipo I2C.

O computador embarcado integraliza os dados dos sensores a cada 1 minuto e os atualiza tanto na gravação em cartão de memória quanto no *broker* (servidor) de internet das coisas. A plataforma está conectada à rede Wi-Fi do LASIC/UFRA.

B. Broker IoT

Os dados monitorados e analisados são apresentados pelo *broker* (um tipo de servidor) *IoT*, conforme mostra a Figura 3.

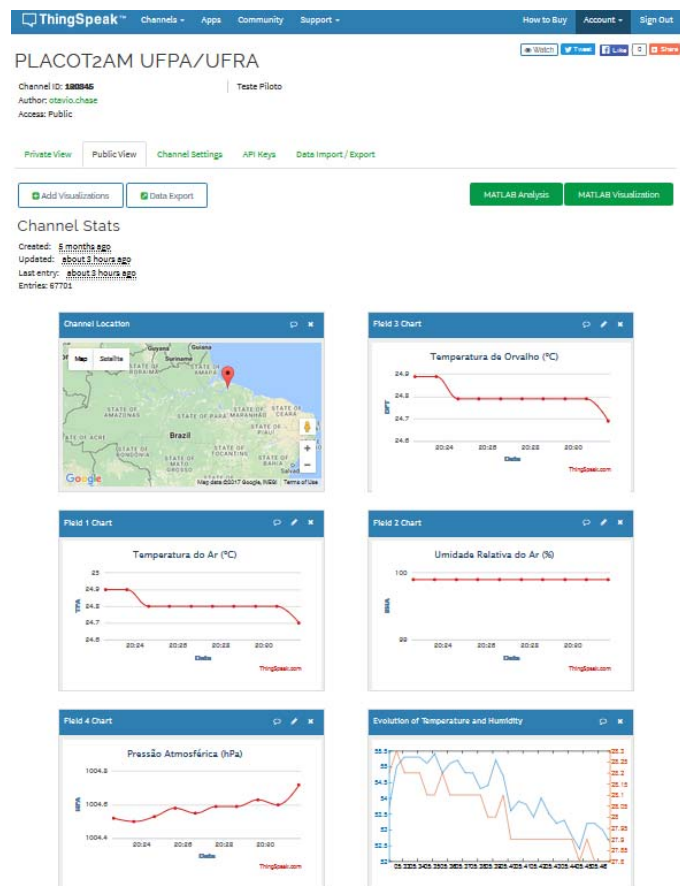


Figura 3. Servidor de IoT da ThingSpeak Mathworks. Endereço para acesso: <https://thingspeak.com/channels/180345>

O *ThingSpeak* é uma ferramenta gratuita com foco em serviços de *IoT* desenvolvida pela empresa *Mathworks*. Este *broker IoT* possibilita o recebimento, armazenamento e geração de gráficos.

O MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*) é o protocolo mais usado para troca de mensagens para *IoT*. Criado pela IBM no final da década de 1990 [8].

O publicador/subscritor (*publish/subscriber*) é o padrão de troca de mensagens no MQTT. Neste padrão, quando um elemento da rede deseja receber uma determinada informação,

ele a subscrive, fazendo uma requisição para um outro elemento da rede capaz de gerir as publicações e subscrições.

Na rede MQTT este elemento é conhecido como *broker*, o intermediário no processo de comunicação. Elementos que desejam publicar informações o fazem também através do *broker*, enviando-lhe as informações que possuem. Esse padrão não é novo e existe em outros protocolos. A Figura 4 apresenta o modelo de comunicação MQTT.

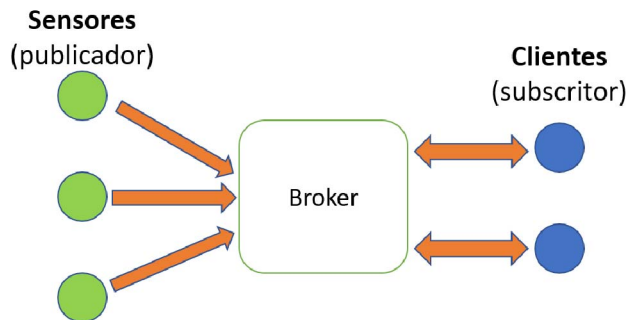


Figura 4. Visão geral do MQTT

O usuário pode usar aplicativos subscritores que assinam o canal e apresentam os resultados, conforme apresenta a figura 5.

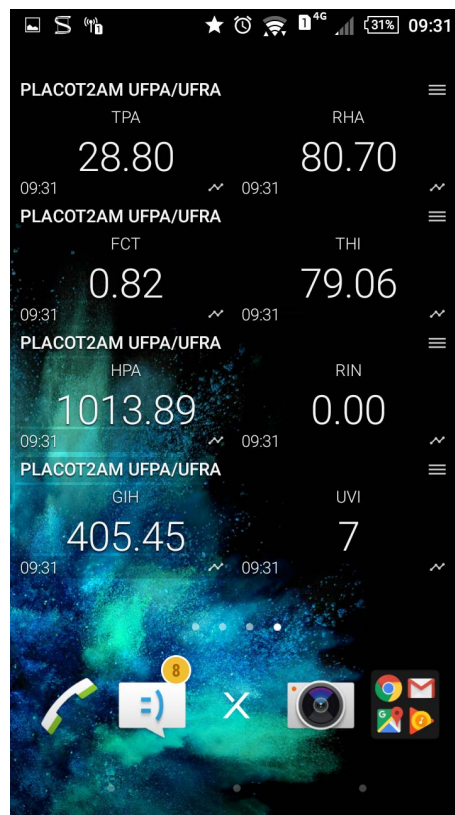


Figura 5. Aplicativo subscritor do tipo Widget para smartphones.

As mensagens são identificadas através de tópicos (*topics*). O tópico tem níveis separados por barras (“/”). Os elementos da rede podem enviar diversos tópicos para o *broker* e subscritores podem escolher os tópicos que desejam assinar (subscriver). Em uma rede *IoT* vários elementos sensores publicam o valor do sensor como o dado útil (*payload*) e identifica as mensagens com tópicos no seguinte formato:

$$local / ID_de_area / sensor / ID_do_Sensor / valor \quad (1)$$

A PLACOT2AM é um publicador de dados com múltiplos sensores. O Broker é o servidor ThingSpeak, no canal de acesso 180345. Os subscritores (clientes) são os que visualizam e assinam o canal pela página web do *ThingSpeak*.

As informações são provenientes do LASIC/UFRA (*local*), na área dos fundos do prédio denominada de *lab* (*ID_de_area*), onde situa-se a PLACOT2AM (*sensor*). A plataforma tem múltiplos sensores, por isto o canal 180345 (*ID_do_Sensor*) é o mesmo para todas as variáveis que são publicadas (*valor*).

C. Agente Inteligente

O agente inteligente é uma técnica de inteligência artificial capaz de perceber seu ambiente por meio de sensores e de agir sobre esse ambiente por meio de atuadores [10]. O comportamento do agente é dado abstratamente pela função do agente:

$$[f : P^* \rightarrow A] \quad (2)$$

Em (4) P^* é uma sequência de percepções e A uma ação. O programa agente roda em uma arquitetura física para produzir f . Na PLACOT2AM o P^* é processamento da temperatura do ponto de orvalho e da pressão atmosférica; o A é o envio do resultado do processamento para o *broker IoT*. A Figura 6 apresenta o agente inteligente da PLACOT2AM.

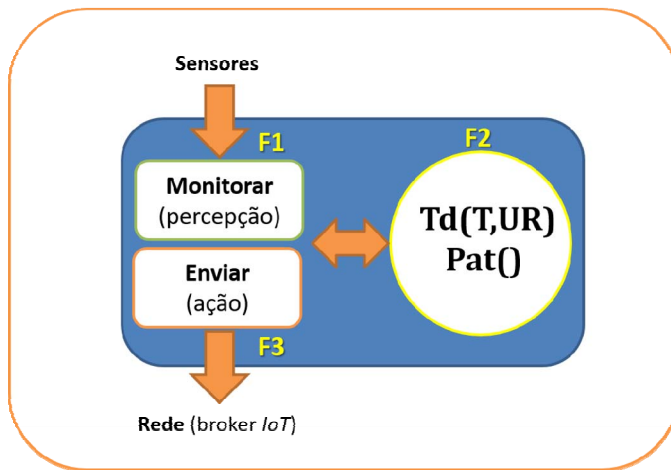


Figura 6. Funcionamento do Agente Inteligente da PLACOT2AM.

O agente inteligente processa os dados adquiridos (F1) e realiza o processamento das variáveis para (F2): temperatura do ponto de orvalho (T_d) e a pressão atmosférica (Pat) ao nível do mar. O agente processa toda a informação e conhecimento para gerar os resultados (F3).

O agente inteligente da PLACOT2AM é implementado através de um agente inteligente baseado em conhecimentos ambientais relacionados aos parâmetros ambientais de temperatura ambiente, umidade relativa do ar e pressão atmosférica. O agente inteligente é do tipo reativo, cujas percepções são as informações dos sensores de parâmetros ambientais e, as ações são o processamento e o envio dos dados e alertas para o *broker IoT*.

D. Disponibilidade e Uso da PLACOT2AM

A PLACOT2AM entrou em operação e está disponível desde o dia 07 de Março de 2017. O uso da plataforma é fácil, bastando acessar o canal do *broker IoT* na página Web, ou instalar um aplicativo móvel para coleta dos dados do *broker IoT*. Além de consultar o canal da PLACOT2AM no *broker IoT*, o pesquisador também pode seguir a plataforma pela rede social *Twitter* e receber os alertas em tempo real.

O *Matlab* é o programa usado para análise dos dados e geração dos gráficos. O histórico de dados pode ser importado automaticamente do *ThingSpeak* para o *Matlab*.

O treinamento para uso da PLACOT2AM é de aproximadamente 2h. A recomendação é de diminuir o tempo em atividades de campo quando a temperatura de orvalho for superior a 26°C, pois o desconforto térmico passa a ser altíssimo e, pode ser fatal para pessoas com problemas respiratórios.

III. TESTE EM CAMPO

O LASIC/UFRA está situado a uma altitude de 10 m, latitude sul 1°27'34.4''S e longitude oeste 48°26'03.1''W na cidade de Belém. O clima é do tipo equatorial, que é influenciado diretamente pela presença da floresta amazônica. A amplitude térmica é baixa (1,1°C), com temperatura média anual de 25,9 °C e, 87% de média anual de umidade [9][10].

As variáveis ambientais de temperatura (T em °C), umidade relativa (UR em %) e pressão atmosférica (Pat em hPa) são obtidas *In Situ* pela plataforma no LASIC/UFRA.

O orvalho é um fenômeno físico-meteorológico em que umidade do ar se condensa sob a forma de gotas pela súbita diminuição da temperatura, ou entre em contato com superfícies frias.

O índice do ponto de orvalho (T_d) é obtido a partir da combinação sensorial das informações de temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR). A combinação é feita com uso da técnica de aproximação *August-Roche-Magnus* [9], que é dada por:

$$T_d = \frac{b \times \phi(T, UR)}{a - \phi(T, UR)} \quad (3)$$

Sendo,

$$\phi(T, UR) = \frac{aT}{b + T} + \ln \frac{UR}{100} \quad (4)$$

Sendo as constantes compatíveis com o clima equatorial,

$$\begin{aligned} a &= 17.368 \\ b &= 238.88 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned} \quad (5)$$

O ponto de orvalho é a temperatura em que o ar fica saturado, onde o vapor de água presente no ar ambiente passa para o estado líquido na forma de pequenas gotas [9]. O ponto de orvalho é usado como indicador do conforto/desconforto térmico. O clima de uma região tem grande influência sobre as atividades humanas, assim como as

atividades antrópicas contribuem para as alterações no meio ambiente.

A Tabela 2 apresenta os níveis de conforto térmico humano baseado na temperatura do ponto de orvalho.

TABELA II
NÍVEIS DE CONFORTO TÉRMICO HUMANO
BASEADO NA TEMPERATURA DO PONTO DE ORVALHO

| PONTO DE ORVALHO (°C) | SENSAÇÃO NO SER HUMANO |
|-----------------------|---|
| > 29 °C | OPRESSÃO SEVERA POSSÍVEL MORTE POR HIPERTERMIA |
| 26 ~ 28 °C | ALTÍSSIMO MORTAL PARA DOENÇAS RELACIONADAS A ASMA |
| 24 ~ 26 °C | EXTREMAMENTE DESCONFORTÁVEL CONSIDERAVELMENTE OPRESSIVO |
| 21 ~ 24 °C | DESCONFORTÁVEL MUITO ÚMIDO |
| 18 ~ 21 °C | CONFORTÁVEL TEMPERATURA E ÚMIDADE EM EQUILÍBRIO |
| 16 ~ 18 °C | CONFORTÁVEL TEMPERATURA E ÚMIDADE EM EQUILÍBRIO |
| 13 ~ 16 °C | CONFORTÁVEL TEMPERATURA E ÚMIDADE EM EQUILÍBRIO |
| 10 ~ 12 °C | MUITO CONFORTÁVEL TEMPERATURA E ÚMIDADE EM EQUILÍBRIO |
| < 10 °C | MUITO CONFORTÁVEL UM POUCO SECO PARA ALGUNS |

A pessoa mesmo sem fazer algum esforço adicional irá suar em dias úmidos, pois é a não-evaporação do suor que causa desconforto em climas muito úmidos [9].

IV. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Entre 07 de março e 07 de Abril de 2017 a média de temperatura e umidade relativa mensurados pela PLACOT2AM foram 26,34°C e 90,70% respectivamente. A média da temperatura de orvalho foi de 24,48°C. A Figura 7 apresenta a evolução da temperatura do ar (T) e da temperatura de orvalho (T_d) processadas pela PLACOT2AM.

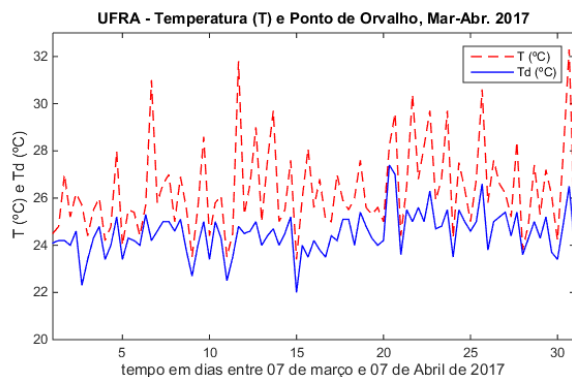


Figura 7. Evolução das temperaturas do ar e de orvalho mensuradas entre os dias 07 de março e 07 de abril de 2017.

A temperatura de orvalho máxima foi registrada no dia 27 de Março a 27.4°C, neste dia não houveram atividades de campo devido o sistema informar que a partir das 9h da manhã daquele dia, a temperatura de orvalho já ultrapassava os 26°C. A temperatura de orvalho mínima foi registrada no dia 22 de Março a 22°C, neste dia as atividades de campo ocorreram normalmente. A Figura 8 apresenta a evolução da temperatura do ponto de orvalho em todo período de mensuração, com um mapa de cores indicando as faixas entre o conforto (azul) e o desconforto térmico (vermelho).

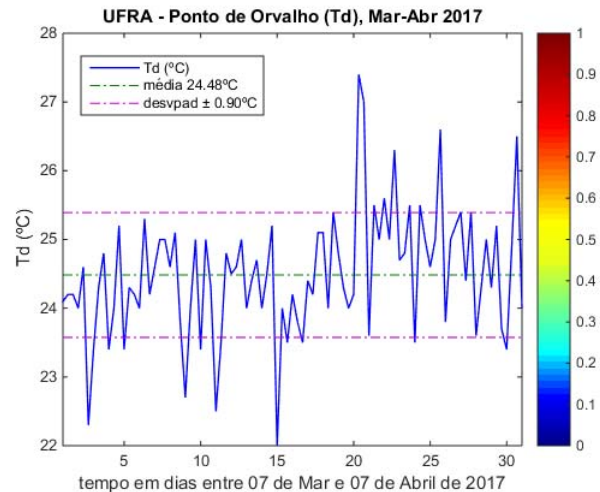


Figura 8. Evolução da temperatura do ponto de orvalho mensurada entre os dias 07 de março e 07 de abril de 2017, com mapa de cores indicando as faixas entre o conforto (azul) e o desconforto (vermelho) térmico.

Entre os dias 7 e 25 de Março a temperatura do ponto de orvalho oscilou entre 22°C e 25.2°C, sem riscos de desconforto alto ou extremo. Neste período as atividades de campo ocorreram normalmente. Entre os dias 26 de Março e 07 de Abril a temperatura do ponto de orvalho oscilou entre 23.6°C e 27.4°C. Os dias mais críticos foram: 27 e 29 de Março, com 27.4°C e 26.3°C respectivamente; e o dia 01 de Abril, com 26.3°C. Nestes dias o desconforto térmico foi altíssimo, logo, as atividades de campo foram suspensas.

Em seu primeiro mês de operação a plataforma teve desempenho satisfatório ao identificar, informar e alertar sobre os níveis do conforto térmico pela temperatura do ponto de orvalho para suporte na tomada de decisões dos pesquisadores do LASIC/UFRA.

V. CONCLUSÃO

Este artigo tratou da tecnologia de mensuração ambiental PLACOT2AM composta por *software* e *hardware*, cuja finalidade é a de aquisição e tratamento inteligente de dados ambientais em tempo real. Isto é fundamental para ajudar a proteger os serviços ecossistêmicos e pessoas dos extremos da variabilidade ambiental, tais como o conforto térmico e a pressão atmosférica considerados aqui. Além disso, acumula um arquivo das últimas condições de monitoramento, que podem melhorar os métodos de avaliação em tempo real e de influenciar a tomada de decisão da sociedade.

Avanços em tecnologias de mensuração ambiental *IN SITU* para o monitoramento na região amazônica, especialmente o conforto térmico, proporciona um significativo desenvolvimento da compreensão dos efeitos climáticos sobre os pesquisadores e profissionais que trabalham em campo aberto (energias renováveis, agricultura, esportes, etc.), pois isto influencia diretamente a qualidade de suas produtividades e saúde. Uma melhor compreensão das interações entre o ambiente e os seres vivos, refletido no seu comportamento e bem-estar, torna-se uma fonte de estratégias para minimizar os efeitos das alterações climáticas sobre eles.

Os resultados apresentados mostraram significativa correlação com o comportamento climático desta região, considerando seus aspectos mais conhecidos. A PLACOT2AM descrita aqui pode ser usada para avaliar o grau de experiência de conforto térmico por pesquisadores de campo em energias renováveis em uma ampla variedade de configurações. Esta informação pode ser usada tanto para emissão de alertas, no momento em que o desconforto é alto, e estratégias, tais como planos nutricionais e equipamentos de segurança, que reduzem o risco a saúde e produtividade devido as condições meteorológicas desfavoráveis.

Os próximos passos no desenvolvimento da plataforma são testar novos sensores, usar computadores embarcados mais avançados com recursos *IoT* integrados e, desenvolver um sistema fuzzy embarcado para análise de dados de variáveis ambientais para caracterização do conforto térmico humano.

REFERÊNCIAS

- [1] E. Baker, "Open source data Logger for low-cost environmental monitoring", *Biodiversity Data Journal*, v.2, e1059, Feb. 2014. doi: 10.3897/BDJ.2.e1059
- [2] A. Kumar, H. Kim, G. P. Hancke, "Environmental Monitoring Systems: A Review", *IEEE Sensors Journal*, v.13, n.4, p.1329-1339, Apr. 2013. doi: 10.1109/JSEN.2012.2233469
- [3] OECD, *Invention and Transfer of Environmental Technologies*, Editora: OECD iLibrary, Sep. 2011. doi: 10.1787/9789264115620-en
- [4] R. Kuehr, "Environmental Technologies – from misleading interpretations to an operational categorisation & definition", *Journal of Cleaner Production*, v.15, Issues 13-14, p.1316-1320, Sep. 2007. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.07.015
- [5] D. Havlik, S. Schade, Z. A. Sabeur, P. Mazzeti, K. Watson, A. J. Berre, J. L. Mon, "From Sensor to Observation Web with Environmental Enablers in the Future Internet", *MDPI Journal of Sensors*, v.11(4), p.3874-3907, 2011. doi: 10.3390/s110403874
- [6] C. Granell, "Future Internet Technologies for Environmental Applications", *Environmental Modelling & Software*, v.78, p.1-5, Apr. 2016. doi: 10.1016/j.envsoft.2015.12.015
- [7] D. Vilela, "Plataformas como instrumento de gestão e pesquisa", *Revista de Política Agrícola*, Ano XXIII, n. 4, p.123-125, Brasília-DF, 2014. doi: 10.13140/RG.2.1.4161.9367
- [8] M. W. Condry, C. B. Nelson, "Using Smart Edge IoT Devices for Safer, Rapid Response with Industry IoT Control Operations", *Proceedings of the IEEE*, v. 104(5), p.938-946, May 2016. doi: 10.1109/JPROC.2015.2513672
- [9] O. A. Chase, M. H. K. Sampaio, J. F. S. Almeida, J. R. Brito-de-Souza, "Data Acquisition System: An Approach to the Amazonian Environment", *IEEE Latin America Transactions*, v. 10(2), Mar. 2012. doi: 10.1109/TLA.2012.6187606
- [10] O. A. Chase, J. F. S. Almeida, J. R. Brito-de-Souza, C. T. Costa Junior, "Sensory platform architecture for IN SITU monitoring the thermal comfort in rural environments – The case study at Federal Rural University of Amazonian, Brazil", *Measurement*, v. 58, Dec. 2014. doi: 10.1016/j.measurement.2014.08.031
- [11] O. A. Chase, J. F. S. Almeida, J. R. Brito-de-Souza, C.T. Costa Junior, "Applying the use of Systemic View and Mobile Robotics in Engineering Education", *Cyber Journals: Multidisciplinary Journals in Science and Technology*, v. 3(4), Apr. 2013. site: http://www.cyberjournals.com/Papers/Apr2013/03.pdf
- [12] S. Ferdoush, X. Li, "Wireless Sensor Network System Design Using Raspberry Pi and Arduino for Environmental Monitoring Applications", *Procedia Computer Science*, v. 34, p. 103-110, 2014. doi: 10.1016/j.procs.2014.07.059



Otavio Andre Chase (M'09, SM'2017) Professor Adjunto I do Instituto Ciberespacial da Universidade Federal Rural da Amazônia (ICIBE/UFRA); Membro Titular da Academia Paraense de Ciências – (APC); Membro Sênior do IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*, USA); Membro Titular do Capítulo Brasileiro da IEEE GRSS (*Geoscience and Remote Sensing Society*, BRA); Doutorando e Mestre (2009) em Engenharia Elétrica e Sistemas de Energia pela Universidade Federal do Pará - UFPA; Bacharel em Engenharia da Computação, com ênfase em Sistemas Eletrônicos pelo antigo Instituto de Estudos Superiores da Amazônia - IESAM (2007).



André das Neves Carvalho Coordenador do Biodiversity Research Consortium Brasil-Norway que busca desenvolver pesquisas sobre biodiversidade amazônica em prol da recuperação ambiental. Formado em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis pela Universidade Federal Rural na Amazônia (UFRA) com intercâmbio na Noruega. Consultor em Certificação de construções sustentáveis. Desde 2014, atua na área de gestão de obras e certificação ambiental da incorporadora ROTSA LTDA na construção do edifício em Belém. Bolsista PIBIC em 2012, monitorando variáveis ambientais de espécies vegetais de produtos florestais não madeireiros (PFNM). Bolsista PIBIC/CNPq em 2011, realizando pesquisa sobre a sustentabilidade na universidade com ênfase na economia de recursos naturais e financeiros. Iniciante de pesquisa científica de 2010 a 2012 no LASIC (Laboratório de Sistemas Ciberfísicos) da UFRA.



Edson do Socorro Silva Andrade Professor Adjunto I da Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA; Bacharel em Engenharia Elétrica (2007) e Mestre em Engenharia Mecânica (2009) pela Universidade Federal do Pará - UFPA; Doutorando em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Uberlândia - UFU; Tem experiência nas áreas de Engenharia Elétrica e Mecânica, com ênfase em Soldagem Industrial, Mecatrônica e Energias Renováveis, atuando principalmente nos seguintes temas: GMAW, Controle de Sistemas, Mecatrônica, Soldagem de Revestimento Interno e, Energia Solar Fotovoltaica.



José Felipe Souza de Almeida Graduação, Especialização e Mestrado em Física. Doutor em Engenharia Elétrica. Membro Titular da Academia Paraense de Ciências (APC) e Professor Adjunto IV/Pesquisador da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Atualmente é Coordenador do LASIC (Laboratório de Sistemas Ciberfísicos) e do curso de Engenharia Ambiental & Energias Renováveis.



Carlos Tavares da Costa Junior Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará – UFPA (1987), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE / UFRJ (1991), mestrado (1996) e doutorado (1999) em Automatique et Productique pelo Institut National Polytechnique de Grenoble – INPG-França. Atualmente é Professor Titular da UFPA, vinculado à Faculdade de Engenharia Elétrica (FEE), atuando principalmente nos seguintes temas: Sistemas de Controle, Dinâmica e Controle de Sistemas de Potência, Sistemas Adaptativos, Modelagem e Identificação de Sistemas, e Sistemas e Controle Fuzzy. Atua no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE) e no Curso de Mestrado Profissional em Engenharia de Processos (CMPEP), da UFPA.