



# Sistema para monitoramento remoto seguro de variáveis ligadas à qualidade de ambientes internos climatizados (parte 1)

**Resumo:** O objetivo do trabalho é relatar projeto de pesquisa em andamento, destinado ao desenvolvimento de um sistema para o monitoramento remoto contínuo e seguro da qualidade do ambiente interno em ambientes climatizados, por meio de redes de sensores conectados a um servidor remoto, utilizando-se da Internet. A inovação do sistema está na ênfase dada à segurança na transmissão dos dados, uma vez que esta ocorre por meio de uma rede pública. Faz-se necessária a utilização de mecanismos de transporte que contemplem a segurança dos dados, particularmente nos aspectos de autenticação (acesso ao sistema somente por pessoas autorizadas), confidencialidade (acesso aos dados somente por pessoas autorizadas), integridade (não alteração dos dados durante o tráfego pela rede), autorização (usuários acessam somente dados a eles disponibilizados, segundo uma administração central) e não repudição (não negação dos dados por quem os gerou). Estes aspectos precisam ser levados em consideração, sob pena de invalidação dos dados coletados. Garantida a segurança, este sistema pode proporcionar um recurso inestimável aos administradores de edifícios, não apenas como complemento aos sistemas de automação e gerenciamento predial, como também em eventuais demandas judiciais envolvendo características dos

ambientes internos, notadamente os climatizados, com reconhecida influência sobre a saúde e produtividade de seus ocupantes. Inicialmente serão monitorados alguns parâmetros que retratam a qualidade do ar interno em um ambiente, tema de crescente relevância nos meios corporativo e acadêmico. São eles temperatura do ar, umidade relativa do ar, CO<sub>2</sub>, CO, e Total de Compostos Orgânicos Voláteis.

**Palavras-chave:** qualidade do ar interno, sistemas de climatização, monitoramento remoto, redes de sensores, web services.

## 1. Introdução

A possibilidade de coleta de dados relativos à qualidade do ambiente interno, obtidos remotamente, via Internet, é uma interessante possibilidade já praticada na forma de serviços comerciais em países como os Estados Unidos. Mesmo nestes países, ainda não se deu a devida atenção à questão da segurança dos dados. Do ponto de vista de quem contrata este serviço, é importante que se possa garantir que os dados não tenham sido corrompidos acidental ou propositadamente. Estas possibilidades existem já que o tráfego dos dados ocorre em uma rede pública. Do ponto de vista legal, também é importante garantir a origem dos dados (não repudição), ou seja, o contratante do ser-

viço ou seu litigante não poderão alegar que os dados registrados não tenham tido origem em seu ambiente. Além da questão legal, a existência de dados contínuos seguros sobre a qualidade do ambiente interno poderá servir de base para estratégias visando sua melhoria. Este trabalho, dadas as características de segurança apresentadas, apresenta um sistema inovador no mercado brasileiro.

## 2. Relevância da qualidade do ar interno

Diversas iniciativas, discriminadas a seguir, denotam a crescente preocupação com a qualidade dos ambientes internos, especialmente os climatizados. A qualidade dos ambientes internos envolve questões ligadas ao conforto térmico, qualidade do ar, conforto lumínico, conforto acústico e ergonomia. Para o desenvolvimento deste sistema foram enfocadas as questões relacionadas à qualidade do ar interno, mas é importante ressaltar que o sistema aqui proposto, pode ser utilizado para monitoramento remoto seguro de outros parâmetros ligados à qualidade do ambiente interno, fornecendo subsídios confiáveis para ações que visem a sua melhoria. A baixa qualidade do ar interno em edifícios climatizados pode levar ao mal estar geral e agravamento de certas doenças, como as relacionadas ao trato respira-



tório de seus ocupantes, causando queda de produtividade, absenteísmo e até ações trabalhistas (SUNDELL, 2004).

O problema vem ganhando tamanho vulto no Brasil que até mesmo a revisão da Norma NBR 6401 (1980), teve sua proposta de estrutura em três capítulos aprovada, resultando na Norma NBR 16401 (2008), Instalações de Ar Condicionado - Sistemas Centrais e Unitários. São eles Projeto das Instalações, Parâmetros de Conforto Térmico e um totalmente dedicado à Qualidade do Ar Interno, sendo este o seu nome.

A qualidade do ar interno é um dos itens a serem verificados nos programas de certificação que conferem o “selo verde” a empreendimentos que seguem certos critérios de sustentabilidade sócio-ambiental como LEED - Liderança em Energia e Design Ambiental (Estados Unidos) (U.S. GREEN BUILDING COUNCIL, 2009), HQE - Alta Qualidade Ambiental (França) (ASSOCIATION POUR LA HAUTE QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE, 2009) e sua versão nacional o Aqua – Alta Qualidade Ambiental (Brasil) (FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI, 2009), além do Green Star (Austrália) (GREEN BUILDING COUNCIL AUSTRALIA, 2009) dentre outros. No Brasil, cresce o número de empresas interessadas em obter tal certificação.

No meio acadêmico, observam-se movimentos como o curso de difusão tecnológica que vem sendo ministrado desde 2007 pelo Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da USP – PECE e Faculdade de Medicina da USP. Intitulado “Qualidade do Ar e Poluição em Ambientes Interiores: Aspectos Técnicos e Efeitos na Saúde”

aborda de forma multidisciplinar, questões da qualidade do ar interno (Programa de Educação Continuada Em Engenharia, 2009).

### **2.1. Síndrome do Edifício Doente e doenças relacionadas à edificação**

A expressão “Síndrome do Edifício Doente” foi criada para caracterizar um estado doentio observado nos ocupantes de edifícios, que possuem manutenção deficiente e uso inadequado de suas instalações. Trata-se de um estado transitório de mal estar, caracterizado por dores de cabeça, irritação no trato respiratório e olhos, dentre outros sintomas, que normalmente cessa quando o indivíduo deixa o edifício. Já as doenças relacionadas à edificação correspondem a uma infecção verdadeira e não temporária dos usuários, sendo provocadas pelas condições em que se apresenta a edificação (CARMO; PRADO, 1999).

### **2.2 Produtividade**

Nos Estados Unidos, estima-se que o incremento anual de produtividade devido à redução de infecções respiratórias corresponda a valores entre US\$ 7 a 23 bilhões, e devido à redução de Síndrome do Edifício Doente, de US\$10 a 20 bilhões. Mais significativo ainda é o fato do aumento da produtividade no trabalho estar associado a ganhos de US\$ 12 a 125 bilhões (FISK; ROSENFELD, 1997, 1998). Investimentos visando a melhoria da qualidade do ar interno em escritórios apontaram, segundo Wargoeki, Wyon e Fanger (2000), um aumento na produtividade dos ocupantes da ordem de 1,5% para a redução de 10% de pessoas insatisfeitas com a qualidade do ar interno

### **2.3 Absenteísmo**

Diversos estudos ressaltam a importância de fatores subjetivos na percepção do ambiente interno pelos ocupantes de edifícios. Nos edifícios ventilados artificialmente ou climatizados, observa-se um índice de desconforto maior que nos ventilados naturalmente, inclusive maior absenteísmo, ainda que comprovado que os parâmetros básicos de qualidade do ar e conforto estejam tecnicamente aceitáveis (MUHIC; BUTALA, 2004). Indivíduos com alergia respiratória, são ainda mais sensíveis à percepção das características do ambiente interior em locais climatizados (GRAUDENZ et al., 2006), e como cerca de 30% da população mundial apresenta tais problemas, pode-se inferir a magnitude das consequências do absenteísmo no desempenho das empresas.

### **2.4 Consumo de energia**

Desde a crise energética da década de 1970, uma das grandes preocupações mundiais passou a ser a economia de energia.

Nos edifícios climatizados, nos quais um dos grandes consumidores de energia é o sistema de climatização, diversos estudos demonstraram que, a fim de se manter um ambiente interno saudável e confortável, o correto é se adotar uma combinação de fatores, dentre eles redução das fontes poluentes internas, com taxas de renovação de ar adequadas ao uso da edificação. Estes estudos provaram que o benefício anual devido à melhoria da qualidade do ar interno, é dez vezes maior que os gastos com energia e manutenção. O tempo de retorno dos custos com o sistema de climatização mantido e operado adequa-

damente, sempre foi menor que quatro meses (DJUKANOVIC; WARGOCKI; FANGER, 2002).

Nos Estados Unidos, a Agência de Proteção Ambiental – EPA lançou recentemente seu programa Energy Star Indoor Air Package (ENERGY STAR, 2009), voltado à certificação das novas residências norte-americanas, eficientes do ponto de vista energético e com elevada qualidade do ar interno, exigências crescentes do consumidor americano.

### 3. Aspectos ligados à tecnologia da informação

Do ponto de vista da tecnologia da informação, o monitoramento remoto seguro de dados envolve a instalação de uma rede de sensores no ambiente controlado e sua interligação a um servidor remoto, por meio da Internet. Os problemas envolvendo a configuração da rede local de sensores, dos protocolos seguros envolvidos na transmissão dos dados e no tratamento dos dados no servidor remoto precisam ser considerados.

Esquematicamente, a arquitetura simplificada do sistema proposto pode ser vista na Figura 1. Nela se observa o ambiente monitorado, a rede de sensores, e um computador local encarregado da comunicação entre a rede de sensores e o servidor remoto. O tráfego de dados, por meio da Internet, entre o local monitorado e o servidor e entre este e o cliente também estão esquematizados.

#### 3.1 A importância da segurança dos dados coletados

A utilização de uma rede pública como

a Internet para a transmissão de dados levanta questões sobre segurança. Se a autenticidade dos dados coletados for posta em cheque, a prestação do serviço será inviável. Observam-se na literatura inúmeros estudos sobre redes de sensores e monitoramento remoto de dados. Em muitos destes trabalhos, bem como em implementações comerciais desta tecnologia, a segurança dos dados não é levada em conta ou é considerada apenas superficialmente. A possibilidade da utilização dos dados monitorados em eventuais demandas legais torna esta questão ainda mais importante.

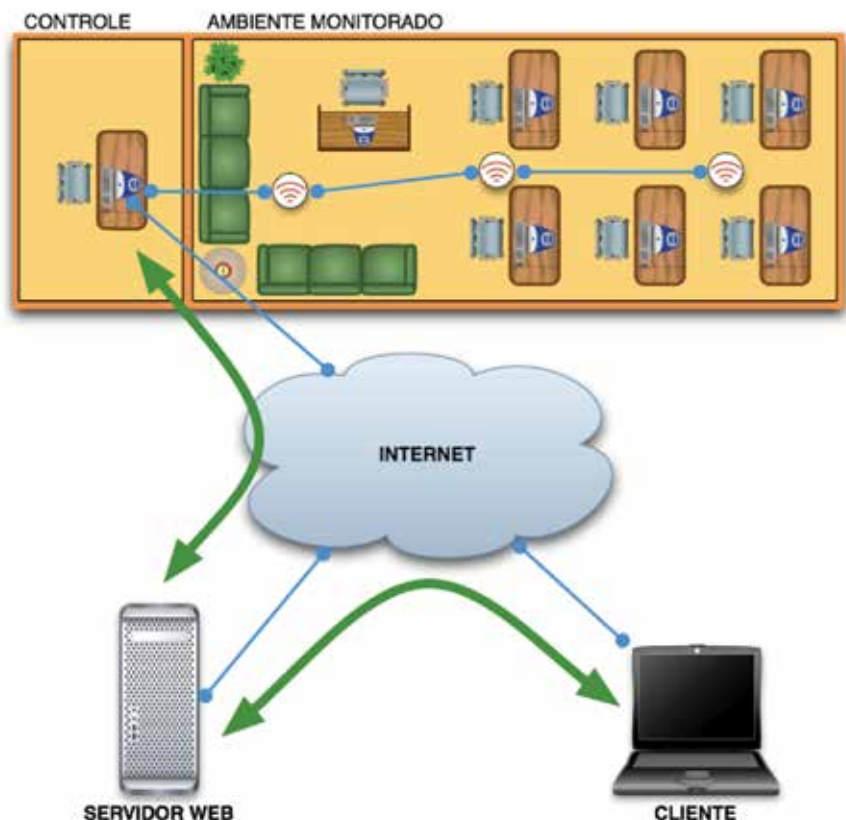
Cinco conceitos básicos de segurança de dados deverão ser observados (XU et al., 2005; LEIWO; GAMAGE; ZHENG, 1999):

#### AUTENTICAÇÃO

É necessário garantir a identidade dos usuários legítimos do sistema de modo a impedir o acesso de terceiros ao sistema. A autenticação dos usuários no sistema deverá empregar técnicas comprovadas que garantam que o acesso ao sistema seja permitido somente aos usuários designados.

#### CONFIDENCIALIDADE

É necessário garantir que os dados coletados e armazenados não sejam acessados por terceiros, estranhos ao processo. A criptografia dos dados transmitidos será parte do processo de confidencialidade a ser empregado. É freqüente que se pense apenas neste aspecto ao se tratar de segurança de dados via Internet, o que não é adequado, por serem os de-





mais aspectos aqui citados igualmente importantes.

#### INTEGRIDADE

É necessário garantir que os dados não sejam perdidos ou modificados durante o tráfego pela rede ou durante o armazenamento. Esta garantia envolve questões ligadas à qualidade de serviço (QoS) e é extremamente importante para o proprietário do ambiente monitorado. Não são aceitáveis a ocorrência de perda de dados ou, o que seria ainda pior, a sua modificação, seja ela intencional ou não. Dentro do contexto da segurança de dados, há que se considerar a possibilidade de tentativa de corrupção dos dados durante o tráfego.

#### AUTORIZAÇÃO

É necessário garantir que os usuários possam acessar somente a parcela dos dados a eles disponibilizados, segundo critérios estabelecidos por uma administração central do sistema. A possibilidade da existência de uma hierarquia de usuários do sistema com acesso seletivo aos dados deverá fazer parte do desenvolvimento do sistema e de sua implementação.

#### NÃO REPUDIÇÃO

É necessário garantir que os dados coletados e armazenados não possam ser negados por sua fonte geradora ou por terceiros. Ou seja, a tecnologia utilizada não deve permitir sua negação dos dados e sua origem. Este tópico é particularmente importante na eventualidade da ocorrência de questionamentos legais. A negação pode ocorrer tanto por parte do proprietário do ambiente monitorado como de seus usuários.

O uso de tecnologias que permitam a utilização de assinaturas digitais certificadas deve ser empregado. Assim, tanto a integridade dos dados como sua origem ficam garantidos.

#### 3.2 Transmissão segura dos dados

A transmissão segura de dados em uma rede pública é o foco desta pesquisa. Assim, aspectos de tecnologia da informação como tecnologia web, modelagem e desenvolvimento de software são pontos de primordial importância. O esquema de monitoramento remoto pressupõe a existência de um software sendo executado localmente no ambiente monitorado, encarregado de colher os dados da rede de sensores, codificá-los com segurança, assiná-los digitalmente e enviá-los ao servidor web remoto, no qual um software lá instalado estará encarregado de armazenar e gerenciar os dados recebidos e apresentá-los de forma adequada aos clientes credenciados. A comunicação entre o microcomputador local e o servidor remoto será efetuada por meio de web services a serem implementados pelos softwares desenvolvidos. A utilização de protocolos de segurança destinados à utilização de web services vem sendo o principal tópico pesquisado.

As vantagens da utilização de web services para a comunicação de dados entre sistemas de informação têm sido discutidas amplamente na literatura técnica. Especial atenção durante a pesquisa foi dedicada à questão da segurança e a utilização de web services. Diversas tecnologias têm sido propostas (NAE-DELE, 2003), tais como XML Signatures (XML Dsig), XML Encryption (XML Enc), Security Assertion Markup

Language (SAML) e outras. A utilização de arquiteturas baseadas em web services junto a redes de sensores sem fio tem sido objeto de pesquisa (DELICATO et al., 2003).

Outro potencial para a prestação comercial do serviço é o possível uso de análises dimensionais dos dados coletados, segundo os conceitos de data warehouse (INMON; HACKATHORN, 1994). Desta forma, correlações entre os dados observados e métricas de desempenho no ambiente monitorado poderiam ser tentadas. As eventuais vantagens que poderão ser agregadas ao produto final, fruto deste enfoque, serão pesquisadas ao longo do projeto e sua incorporação ou não será decidida posteriormente.

*(continua na próxima edição)*

- *Oswaldo Gogliano Sobrinho . Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais . Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, Brasil*
- *Renata Maria Marè . Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, Brasil –*
- *Carlos Eduardo Cugnasca . Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, Brasil*
- *Brenda Chaves Coelho Leite . Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, Brasil*