

14ª Conferência Internacional da LARES

Edifício Manchete, Rio de Janeiro - Brasil
17 a 20 de Setembro de 2014



Monitoramento e análise contínuos de variáveis diversas usando redes de sensores e recursos de business intelligence como suporte para green data centers

MARÈ, Renata¹, GOGLIANO SOBRINHO, Osvaldo², PEREIRA, Rosangela de F.³, CUGNASCA, Carlos⁴, CARVALHO, Tereza Cristina Melo de Brito⁵, LEITE, Brenda⁶

¹ Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, (55-11) 3284-1194, Brasil, renatamare@gmail.com

² Abili Tecnologia da Informação Ltda., ogogli@abili.com.br

³ Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, rpereira@larc.usp.br

⁴ Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, carlos.cugnasca@poli.usp.br

⁵ Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, carvalho@larc.usp.br

⁶ Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, brenda.leite@poli.usp.br

RESUMO

Data Centers são grandes consumidores de energia nas áreas de Tecnologia da Informação e Comunicação, onde estima-se que o equivalente a um terço do consumo de energia dos servidores é gasto com sistemas de refrigeração para controlar a temperatura dos equipamentos. Em complemento, os sistemas de ar condicionado são essenciais para manter condições térmicas adequadas, evitando-se prejuízos expressivos, além da distribuição homogênea do ar, com eficiência energética. Visando-se avaliar o seu desempenho, torna-se necessário o monitoramento contínuo de certas variáveis, gerando-se uma base histórica que proporciona a análise dos dados, identificando-se a qualidade do ambiente, a eficiência e o padrão de funcionamento do sistema. Buscando-se essa solução, propõe-se o desenvolvimento de um módulo de análise de dados ambientais e de consumo de energia em *data centers*, utilizando-se recursos de *Business Intelligence*, fornecendo suporte aos gestores na definição de estratégias de operação sustentáveis aos sistemas de ar condicionado. Esse módulo deverá ser integrado ao sistema para monitoramento seguro e remoto da qualidade do ambiente interno, operando desde 2009 na Escola Politécnica da USP. Monitoram-se continuamente temperatura, umidade relativa do ar, qualidade da energia e consumo dos *fan coils* e *chiller*, em duas salas de aula climatizadas. Essas informações são armazenadas em um servidor *web* em nuvem, gerando histórico de dados e permitindo o acesso remoto dos usuários por meio de interface contendo inúmeras funcionalidades. O banco de dados existente será utilizado no teste e validação do módulo proposto que, integrado ao sistema de monitoramento, trará como benefício a geração de relatórios e gráficos analíticos. Os gestores de *data centers* poderão realizar um controle da qualidade do ambiente interior com maior acurácia, adotando estratégias de operação sustentáveis, facilitando a identificação de riscos, diminuindo a possibilidade de sinistros e custos com manutenção. Esta solução estará plenamente alinhada ao conceito de *Green Data Centers*.

Palavras-chave: Sistema de Monitoramento, Business Intelligence, Green Data Center, Sistema de Ar Condicionado, Redes de Sensores.

14ª Conferência Internacional da LARES

Edifício Manchete, Rio de Janeiro - Brasil
18, 19 e 20 de Setembro de 2014



Continuous monitoring and analysis of several variables using sensor networks and business intelligence as a support for green data centers

ABSTRACT

Data Centers are large energy consumers in the areas of Information and Communications Technology, where it is estimated that the equivalent of one-third of the energy consumption of the servers is spent on cooling systems to control the temperature of the equipment. In addition, air-conditioning systems are essential to maintain proper thermal conditions, avoiding significant losses, besides keeping an homogeneous air distribution with energy efficiency. In order to evaluate their performance, it becomes demanding to continuously monitor certain variables, generating a historical basis that provides data analysis, identifying the environmental quality, the efficiency and the system operation pattern. Aiming this solution, here is proposed the development of an environmental and power consumption data analysis module in Data Centers, using Business Intelligence features, providing support to managers in the definition of strategies for sustainable operation of air-conditioning systems. This module should be integrated into the system for secure and remote monitoring of the indoor environmental quality, operating since 2009 at Engineering School of University of São Paulo. It continuously monitors temperature, relative humidity, energy quality and consumption of the fan coils and chiller, in two air-conditioned classrooms. This information is stored on a web server, generating history data and enabling remote access of users through an interface containing numerous features. The existing database will be used in the testing and validation of the proposed module that, integrated into the monitoring system, will bring benefit through reports and analytic charts. Data Center managers will be able to perform a quality control of the indoor environment with greater accuracy, adopting strategies of sustainable operation, facilitating risk identification and decreasing the possibility of accidents and maintenance costs. This solution will be fully aligned to the concept of Green Data Centers.

Keywords: Monitoring System, Business Intelligence, Green Data Center, Air Conditioning System, Sensor Networks.

1. INTRODUÇÃO

Data centers são centrais de processamento de dados equipadas por servidores, bancos de armazenamento de dados e demais equipamentos de rede, como cabos e roteadores. Sistemas cruciais e de informações sigilosas são processados em *data centers*, e por tal motivo estes devem ser ambientes robustos, que ofereçam alta disponibilidade e segurança, estando em operação 24 horas por dia, 7 dias na semana. Atualmente esses ambientes são uma das principais fontes de consumo de energia nas áreas de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC). De acordo com (KLIAZOVICH et. al., 2013), a utilização da plataforma de computação em nuvem (*cloud computing*) como infraestrutura para hospedar dados de aplicativos móveis, *streaming* de vídeos e infraestrutura de negócios aumentou a demanda de *data centers*, sendo que em 2012 foi consumido mundialmente o total de 30 gigawatts de eletricidade por esses ambientes.

Um dos contextos nos quais *data centers* estão sendo amplamente utilizados é *Big Data*. O Instituto de Pesquisas IDC conceitua esse termo como uma nova geração de tecnologias e arquiteturas projetadas para extrair valor a partir de grandes volumes de uma ampla variedade de dados, possibilitando assim a captura, descoberta e/ou análise em alta velocidade (GANTZ; REINSEL, 2011). O Instituto Global McKinsey relata que uma das tendências para *Big Data* é o crescimento de aplicações relacionadas a Internet das Coisas (*Internet of Things*), um paradigma de comunicação em que sensores e dispositivos conectados geram um grande volume de informação (MANYKA, 2011). Dessa forma, com o advento dessas e de novas aplicações que concentram grande poder de processamento, serão necessários *data centers* com maiores capacidades operacionais, aumentando conseqüentemente o consumo de energia.

Toda a energia consumida pelos equipamentos de um *data center* é convertida em calor. A temperatura e umidade inadequadas nestes locais podem causar danos aos equipamentos, a perda inestimável de dados e riscos de incêndio. Dessa forma, a manutenção adequada é essencial para manter o *data center* em operação. Em busca de prevenir tais ocorrências, utilizam-se sistemas de refrigeração para controlar o aquecimento, resfriamento e umidificação dos ambientes. Sistemas de ar condicionado também são utilizados para auxiliar na distribuição do ar em todo o ambiente. Entretanto, a distribuição adequada, principalmente em salas extensas, nem sempre ocorre.

Esse artigo tem como objetivo apresentar uma solução voltada à manutenção preventiva de *data centers*, por meio do monitoramento e análise contínuos de parâmetros ambientais e outros relacionados à energia, quais sejam qualidade e consumo, associados a estes locais. Propõe-se a criação de uma plataforma capaz de armazenar, processar e analisar o histórico de dados coletados desses ambientes, e assim inferir continuamente as condições ambientais concomitantes ao consumo energético do *data center* monitorado. Como resultado, espera-se contribuir para o atendimento de requisitos de um *green data center* (*data center* verde), definido como “um repositório para armazenamento, gerenciamento e disseminação de dados no qual sistemas computacionais, mecânicos, de iluminação e elétricos são projetados para oferecer a máxima eficiência energética e mínimo impacto ambiental” (TECHTARGET, 2014).

O restante do artigo está estruturado da seguinte forma: na Seção 2 é apresentado um contexto sobre a análise de dados, sendo descritos os recursos necessários e etapas inerentes a esse processo. Na Seção 3 é apresentada uma descrição detalhada do processo de análise de *data centers*. A solução proposta nesse artigo para suporte à operação sustentável é apresentada na Seção 4. Por fim, a discussão sobre a proposta e trabalhos futuros é apresentada na Seção 5.

2. ANÁLISE DE DADOS

A década atual está sendo categorizada como a era dos dados, mais precisamente, a era do grande volume de dados. Avanços na tecnologia da informação e comunicação foram os responsáveis por criar esse fenômeno. As redes sociais, os sensores sem fio, as câmeras de vigilância e transações na *web* estão gerando uma quantidade de dados em um ritmo sem precedentes. Para exemplificar, a rede social Twitter registrou em janeiro de 2009 a quantia aproximada de 2 milhões de mensagens enviadas diariamente à plataforma. No mesmo mês de 2014, a quantia de mensagens diárias recebidas foi superior a 500 milhões, um crescimento exponencial no intervalo de apenas 5 anos. Isso sem contar as demais redes sociais como LinkedIn que ultrapassou o Twitter em número de acessos no Brasil, segundo levantamento da Brazil Digital Future in Focus da comScore, empresa americana que mede audiência na internet (ÉPOCA NEGÓCIOS, 2014). O volume e a velocidade com que os dados estão sendo gerados atualmente, somado à grande variedade em que esses são constituídos, torna cada vez mais crescente o interesse e consequentemente os desafios inerentes à análise de dados.

A busca pela extração de conhecimento sobre um grande volume de dados está proporcionando novas estratégias de negócios. Dados de redes sociais estão sendo analisados em busca de aperfeiçoar a experiência e satisfação do usuário. Para isso, são utilizadas técnicas como a análise de sentimento e sistemas de recomendação. Os mesmos dados estão sendo utilizados para identificar a ocorrência de epidemias em determinada localização geográfica. Esses são apenas alguns exemplos da variedade de aplicações utilizando a análise de dados. A análise preditiva, técnica que identifica padrões de comportamento que indicam a possibilidade de ocorrência de um evento, também está sendo alvo de grande interesse. Empresas estão utilizando esta técnica como estratégia no processo de tomada de decisão. Com base nas análises de dados geradas, informações valiosas estão sendo obtidas.

Uma tendência que também está originando o aumento do volume de dados gerados atualmente é a utilização de redes de sensores (com e sem fio), câmeras de vigilância e outros dispositivos inteligentes para monitorar e analisar os aspectos de um ambiente. Essa utilização está inserida no contexto de Internet das Coisas, na qual pessoas, objetos reais e virtuais passam a ter a capacidade de comunicação entre si. Esses objetos são rotulados como inteligentes, por terem capacidades como identificação, sensoriamento e capacidade de decidir sobre uma ação. As previsões para 2020 são de centenas de bilhões de coisas conectadas, demandando comunicação e, portanto, gerando mais e mais dados (VERMESAN, O; FRIESS, P., 2013).

Em relação às redes de sensores para a coleta de informações, elas vem sendo utilizadas em diversos contextos e domínios, podendo-se citar como exemplos de aplicação: detecção de inundações, deslizamentos e incêndios, monitoramento de pacientes, mapeamento da biodiversidade e controle de tráfego. Com as crescentes pesquisas e desenvolvimento de aplicações voltadas ao contexto de Cidades Inteligentes (*Smart Cities*), o monitoramento contínuo de utilidades e contextos deve aumentar expressivamente, gerando um alto fluxo de informações, tornando essencial que as mesmas sejam enviadas e processadas em dispositivos externos de grande capacidade computacional.

Embora a análise sobre grande volume de dados seja considerada uma estratégia atraente e promissora, ainda há inúmeros desafios inerentes a esse processo. Para processar uma vasta quantia de dados é necessária uma infraestrutura que suporte o armazenamento e processamento de tal capacidade. Atualmente tem-se como opção a implantação da infraestrutura computacional em um *data center* privado, e a opção de alugar o processamento e armazenamento sob demanda

no modelo Infraestrutura como Serviço (*Infrastructure as a Service – IaaS*), em uma plataforma pública de computação em nuvem. Esse último recurso tem sido cada vez mais adotado, por oferecer benefícios como diminuição de custos de aquisição e atualização de hardware, a redução de manutenção por profissionais e um ambiente com escalabilidade mais flexível.

A infraestrutura adequada para suportar o processamento e armazenamento de grandes conjuntos de dados é o primeiro passo para se criar uma plataforma de análise de dados. Entretanto, a complexidade envolvida na distribuição, tolerância a falhas, balanceamento de carga, entre outros mecanismos, requer a utilização de programas que abstraíam tal implementação. Em adição, torna-se necessária a utilização de ferramentas que ofereçam suporte para a geração de consultas analíticas rápidas, apresentadas por meio de interfaces gráficas aperfeiçoadas. As ferramentas que oferecem suporte a esses mecanismos são conceituadas como ferramentas de *Business Intelligence (BI)*.

Enquanto um *Data Warehouse (DW)* oferece uma arquitetura para o armazenamento e modelagem dos dados, ferramentas de BI são utilizadas como mecanismos de aperfeiçoamento às consultas realizadas sobre os dados de um DW (KHAN; QUADRI, 2012). Visto que uma ampla variedade de dados é inserida em um DW, questões como coleta, limpeza e processamento dos dados são cruciais para a geração de consultas. Assim, ferramentas de BI são utilizadas para otimizar o processo de geração de conhecimento, oferecendo informações consistentes e valiosas em um curto espaço de tempo. Para suportar as diferentes fases inerentes ao processo de análise de dados, as ferramentas de BI são normalmente compostas por diversas aplicações, cada qual com uma funcionalidade específica, que quando integradas, formam uma solução completa. Porém, em geral, um sistema de BI possui a seguinte estrutura:

- **Processo ETL (*Extract, Transform, Load*)**: essa etapa consiste no pré-armazenamento dos dados em um DW. Compreende a fase onde são coletadas as informações de diversas fontes. Antes de serem armazenadas em um DW para análise futura, as bases de dados são filtradas, organizadas e padronizadas.
- **DW**: associado à etapa de armazenamento dos dados. Em um DW é comum haver o armazenamento de uma ampla quantidade de dados, pois compreendem tanto dados atuais como históricos.
- **Análise dos dados**: após o armazenamento dos dados, ferramentas de BI oferecem mecanismos para o seu processamento, buscando extrair informações valiosas correlatas. Nesse contexto incluem-se as técnicas de mineração de dados (*Data Mining*) e ferramentas OLAP (*On-line Analytical Processing*). Após o processamento dos dados, ferramentas de BI apresentam ao usuário o resultado das análises por meio de relatórios, gráficos e demais interfaces gráficas (KHAN; QUADRI, 2012).

3. ANÁLISE DE AMBIENTES DE DATA CENTERS

Enquanto cresce o número de aplicações utilizadas por pessoas e objetos, aumenta o número de *data centers* em operação para suportar o grande volume de informações que esse precisa processar e armazenar. Um *data center* é normalmente composto por inúmeras máquinas dispostas em *racks*, alocados em um ambiente fechado. O processamento contínuo dessas máquinas gera o seu aquecimento, podendo atingir temperaturas capazes de danificá-las.

Em busca de manter equilibrada a temperatura de um *data center*, são utilizados *coolers* de resfriamento embutidos nas máquinas. Embora essa técnica proporcione um maior controle da temperatura, grande parte do consumo de energia das máquinas de um *data center* ocorre devido

aos dispositivos de resfriamento (IYENGAR et. al., 2010). Para otimizar o controle da climatização, é comum a utilização de sistemas de refrigeração e sistemas de ar condicionado para controlar a distribuição do ar. Esses sistemas demandam parcelas significativas do consumo de energia, principalmente se não forem mantidos e utilizados corretamente. Assim, o alto consumo de energia resultante em *data centers* é preocupante, levando diversos estudos à busca por maior eficiência energética nesses locais.

Diversos fatores podem influenciar a eficácia do sistema de ar condicionado em um *data center*. Por exemplo, a disposição das máquinas alocadas no *rack* pode impactar a forma de distribuição do ar quente e frio, interferindo na temperatura do ambiente como um todo. A localização do aparelho de ar condicionado também deve ser analisada. Uma das estratégias adotadas para a análise e monitoramento do desempenho do sistema de climatização em um *data center* é a identificação, captura e análise contínua de variáveis que podem impactar no clima do ambiente e no consumo de energia. Para implantar essa estratégia, torna-se importante criar uma plataforma de análise contínua da climatização do *data center*, que permita: (i) identificar, a partir de dados históricos, melhores estratégias de operação do sistema de climatização a serem adotadas; (ii) monitorar em tempo real o nível de eficiência do sistema e (iii) notificar por meio de alertas a ocorrência de anomalias e eventos indesejados.

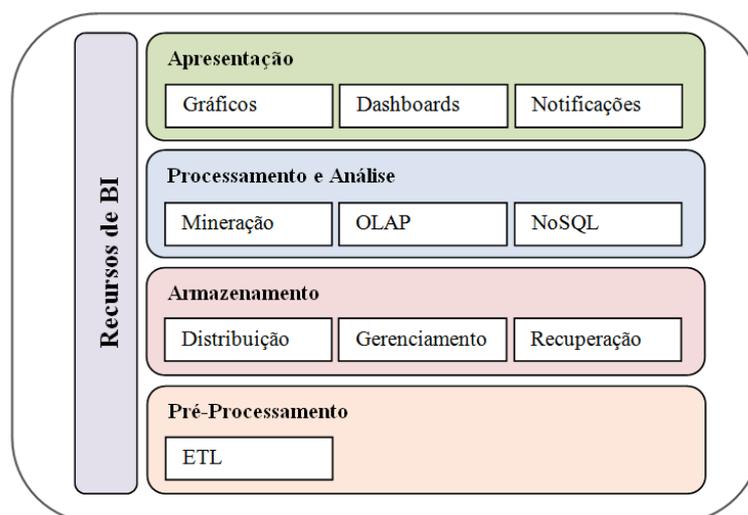
4. MÓDULO DE ANÁLISE DE DADOS COMO SUPORTE À OPERAÇÃO SUSTENTÁVEL

Nesse artigo é proposta a extração de conhecimento a partir da análise de dados, como busca para aumentar a eficiência energética de *data centers*. Entretanto, para fazer uso das informações coletadas, é preciso que se tenha uma infraestrutura confiável para o armazenamento, processamento e consulta ao grande fluxo de informações disponíveis. Uma infraestrutura capaz de realizar esses processos precisa ser distribuída, escalável e confiável. Propõe-se a utilização de recursos de BI para facilitar a obtenção dessa infraestrutura.

4.1. Arquitetura e requisitos

Nesta seção são descritas a arquitetura (Figura 1) e funcionalidades propostas para a criação de uma plataforma computacional que permita a análise das informações coletadas.

Figura 1: Arquitetura em camadas da plataforma de análise de dados



As camadas descritas apresentam as seguintes funcionalidades:

- **Pré-Processamento:** para se construir uma plataforma confiável, torna-se necessária a criação de mecanismos que garantam a qualidade dos dados armazenados. Assim, as funcionalidades da plataforma de análise de dados referentes a essa camada são responsáveis por examinar e adequar dados coletados antes que estes sejam efetivamente armazenados. ETL é o processo mais utilizado para esta etapa. A extração consiste na construção de um mecanismo robusto de coleta de dados, que extraia dados relevantes a partir de sensores, bancos de dados internos e externos. A transformação dos dados refere-se à etapa onde os dados são acurados, por meio de funcionalidades de filtro, junção, limpeza, agregação e normalização dos dados, garantindo sua consistência e qualidade. A realização dessa tarefa manualmente é árdua e passível de erros, demandando um mecanismo que automatize esse processo. Por fim, o último processo dessa etapa consiste no envio dos dados para que esses sejam efetivamente armazenados. Nessa tarefa deve ser determinado um sistema de armazenamento apropriado para os dados coletados, e a plataforma que será utilizada.
- **Armazenamento:** verificados e normalizados os dados, passa-se para a etapa de armazenamento das informações. Considerando a utilização da plataforma de análise de dados para um ambiente com suporte a grandes volumes de dados, a camada de armazenamento necessita de mecanismos que realizem a distribuição adequada dos dados, considerando uma rede de máquinas conectadas. A distribuição deverá ser capaz de gerenciar o particionamento das informações, e armazená-las fisicamente. O mecanismo de recuperação deverá implementar funcionalidades que garantam a disponibilização dos dados em caso de falhas. A replicação de dados é uma das técnicas adotadas nesse mecanismo.
- **Processamento e Análise:** o objetivo principal da aplicabilidade da plataforma de análise de dados é a obtenção de informações relevantes para o suporte a operações sustentáveis em *data centers*. As camadas de processamento e análise de dados são cruciais para tal solução. Os recursos de BI possuem aplicações a serem utilizadas em todas as camadas descritas na arquitetura, entretanto, a maioria delas é centrada na camada de processamento e análise. De acordo com os requisitos levantados, serão necessários os mecanismos de mineração de dados, o processo OLAP para permitir o processamento em tempo real das informações, e tecnologias NoSQL (*Not only SQL*) para permitir otimizar as consultas e armazenamento dos dados distribuídos. Essa tecnologia é utilizada para manipulação e consulta de dados armazenados na forma não relacional. Assim são oferecidos mecanismos de armazenamento e consulta adequados para dados não estruturados (BONNET, 2011). A mineração de dados diz respeito ao processo de análise das informações com o objetivo de identificar padrões de comportamento a partir de um conjunto de dados. Dessa forma, a mineração de dados será utilizada nessa arquitetura para identificar os padrões de comportamento das informações coletadas no ambiente monitorado, e a partir de um conjunto histórico dessas informações, algoritmos de mineração de dados serão aplicados para identificar padrões de comportamento da climatização do *data center*, como por exemplo, identificar qual posicionamento das máquinas proporcionou melhor eficiência energética do sistema de ar condicionado.
- **Apresentação:** após o processamento e análise das informações, o conhecimento passa a ser extraído, e torna-se necessário apresentar os resultados para os usuários da plataforma. Dessa forma, essa última camada compreende um conjunto de ferramentas de

monitoração e visualização de dados que forneçam os resultados de forma precisa e amigável. Atualmente recursos de BI fornecem tais ferramentas, auxiliando a construção de gráficos, *dashboards* e alertas de notificação remotos via Internet.

A criação de um ambiente computacional que suporte a execução dos processos apresentados nas camadas da Figura 1 pode representar alto custo, desde a aquisição dos elementos até a manutenção em operação 24 horas por dia, 7 dias na semana. Atualmente uma alternativa que tem atraído a atenção de pesquisadores e gerentes de negócios, é a adoção de um ambiente de computação em nuvem. Ao utilizar esse ambiente, torna-se possível diminuir custos com aquisição e manutenção da plataforma. Em adição, tem-se uma demanda elástica, na qual mais recursos computacionais são adicionados conforme necessário, e o pagamento por esse serviço é calculado de acordo com a demanda computacional utilizada.

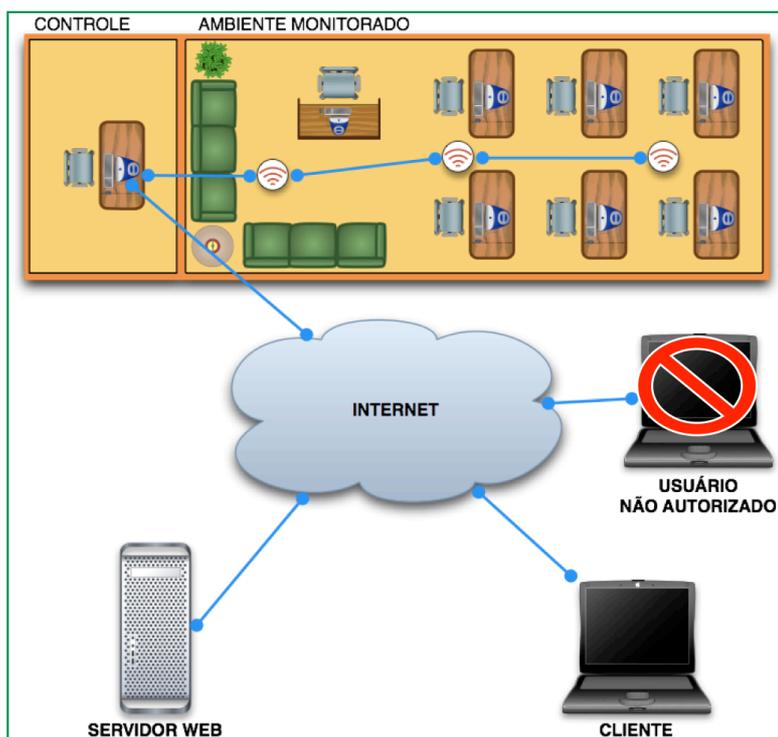
4.2. Estudo de caso

O monitoramento contínuo de análise de variáveis torna-se possível com a implantação de sensores capazes de capturar os indicadores ambientais (temperatura e umidade relativa do ar), de consumo da energia (setorizado por atores) e qualidade da energia, que impacta diretamente no desempenho dos equipamentos que a utilizam. A análise desses indicadores é essencial no monitoramento de *data centers*, visto que o aquecimento ou resfriamento inadequado por causar danos aos equipamentos bem como a umidificação e desumidificação. No que se refere ao consumo de energia, torna-se importante analisar a temperatura, dado que o aumento de calor transmitido pelos equipamentos, bem como a utilização inadequada dos sistemas de ar condicionado, podem causar o aumento do consumo energético.

Uma vez que se tenha uma base histórica dessas informações, torna-se possível realizar uma análise precisa dos dados, de forma a identificar a qualidade do ar, em termos de temperatura e umidade, verificando-se a eficiência do padrão de operação e funcionamento da climatização no ambiente, permitindo resolver as ineficiências identificadas na análise (IYENGAR *et. al.*, 2010) Como estratégias similares, uma melhoria no desempenho energético de até 70%, por meio do controle de temperatura do ambiente de *data center*, é apresentado por Boucher *et. al.* (BOUCHER *et. al.*, 2006). O uso de sensores distribuídos para captura em tempo real da temperatura dos equipamentos de *data center*, visando a eficiência energética, também é demonstrado por Bash *et. al.* (BASH *et. al.*, 2006).

Para validar a plataforma desenvolvida, será utilizado um cenário real composto por redes de sensores coletando e enviando informações a um servidor *web*. Propõe-se que o sistema objeto deste trabalho seja um módulo a ser integrado a um sistema de monitoramento de dados já existente, utilizado para avaliar a qualidade do ambiente interno. Para fins de estudo e investigação desse sistema, resultante de um projeto de pesquisa, foram implantados sensores em dois ambientes internos de salas de aula situados na Escola Politécnica da USP (Edifício da Engenharia Civil), para captura de dados como temperatura, CO₂ e umidade relativa do ar. Estes ambientes contam com sistemas de ar condicionado central. Essas informações, após coletadas, são disponibilizadas em um servidor *web* para permitir o acesso remoto aos dados por usuários autorizados (Figura 2).

Figura 2: Cenário genérico de aplicação do software de monitoramento



Por meio de interface amigável, os usuários têm acesso a gráficos, *dashboards* e planilhas. Este sistema vem operando continuamente desde 2009, com leituras de dados realizadas a cada 30 segundos. Mais recentemente, vem sendo monitorados parâmetros relativos à qualidade da energia e o consumo dos *fan coils* e do *chiller*. Há uma massa de dados considerável, correspondente a 35 milhões de registros históricos. A partir desse volume de informações, torna-se possível a criação de testes mais precisos para validar a solução aqui proposta.

5. RESULTADOS ESPERADOS E TRABALHOS FUTUROS

Nesse artigo foi apresentada a proposta de desenvolvimento de um sistema de análise e monitoramento da climatização em *data centers*, utilizando dados de variáveis coletadas por redes de sensores. O foco principal do sistema proposto é o suporte para uma operação sustentável, obtendo um consumo racional de energia elétrica nestes locais com a preservação de condições adequadas. Um levantamento de requisitos foi realizado para identificar as necessidades do sistema, gerando a partir desse processo, a especificação da infraestrutura.

Os trabalhos futuros compreendem as etapas de desenvolvimento, testes e implantação da solução proposta. Como base de testes para validação da solução, será utilizada a massa de dados informada na Seção 4.2. Uma vez encerradas essas etapas, espera-se obter uma ferramenta de software capaz de realizar:

- O monitoramento contínuo da climatização de *data centers*;
- A geração de relatórios e *dashboards* que reportem o desempenho do consumo de energia em *data centers*;
- O envio de notificações em casos de identificação de anormalidades no desempenho do sistema de ar condicionado, permitindo ações corretivas com maior agilidade;

- A geração de conhecimento sobre o desempenho de sistemas de climatização em *data centers*, a partir da análise de informações contínuas ambientais e relativas à energia coletadas nestes locais.

Em resumo, espera-se desenvolver uma ferramenta capaz de prover suporte aos gestores de *data centers* em seus processos decisórios, no que concerne à definição de estratégias de operação sustentáveis desses locais, maximizando a eficiência energética e minimizando o impacto ambiental, ações plenamente alinhadas ao conceito de *green data centers* (KALHOR, 2013) (RAJKUMAR et. al., 2010).

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo e à Financiadora de Estudos e Projetos, pelo apoio recebido no projeto de pesquisa destinado ao desenvolvimento do sistema de monitoramento da qualidade do ambiente interno (Projetos PIPE/FAPESP 2012/50461-1 e 2013/50085-2).

6. REFERÊNCIAS

BASH, C. E., PATEL, C. D., SHARMA, R. K. *Dynamic Thermal Management of Air Cooled Data Centers*. ITherm'06. The Tenth Intersociety Conference on. IEEE, 2006.

BONNET, L.; LAURENT, A.; SALA, M.; LAURENT, B.; SICARD, N. *Reduce, You Say: What NoSQL Can Do for Data Aggregation and BI in Large Repositories*. Database and Expert Systems Applications (DEXA), 2011 22nd International Workshop on, pp.483,488, 2011.

BOUCHER, T., AU SLANDER, D. M., BASH, C. E., FEDERSPIED. C., PATEL, C. D. *Viability of Dynamic Cooling Control in a Data Center Environment*. Journal of Electronic Packaging, Junho 2006.

ÉPOCA NEGÓCIOS. Site de notícias diversas. Disponível em: <<http://epocanegocios.globo.com/Informacao/Acao/noticia/2014/05/linkedin-ultrapassa-o-twitter-em-numero-de-acessos.html>>. Acesso em 29Mai2014.

GANTZ, John; REINSEL, David. *Extracting value from chaos*. IDC iView, p. 1-12, 2011.

IYENGAR, M., SCHMIDT, R., CARICARI J. *Reducing Energy Usage in Data Centers through Control of Room Air Conditioning units*. 12th IEEE Intersociety Conference on. IEEE, 2010.

KALHOR, S. *A new approach for efficient energy management for data centers*. International Research Journal of Applied and Basic Sciences, v. 6, 2013.

KHAN, R.; QUADRI, S. *Business intelligence: an integrated approach*. Bus. Intell. J., vol. 5, pp. 64–70, 2012.

KLIAZOVICH, D.; BOUVRY, P.; KHAN, S. *DENS: data center energy-efficient network-aware scheduling*. Cluster Computing, v. 16, n. 1, p. 65-75, 2013.

MANYKA, J., et al. *Big Data: The next frontier for innovation, competition, and productivity*. McKinsey Global Institute, Relatório técnico. Maio 2011.

RAJKUMAR, B.; ANTON, B.; JEMAL, H. A. *Energy-Efficient Management of Data Center Resources for Cloud Computing: A Vision, Architectural Elements, and Open Challenges*. CoRR, v. abs/1006.0308, 2010.

TECHTARGET. Site dedicado a artigos das áreas de Tecnologias da Informação e Comunicação. Search Data Center: green data center. 2014. Disponível em: <<http://searchdatacenter.techtarget.com/definition/green-data-center>>. Acesso em 30Abr2014.

VERMESAN, O; FRIESS, P. *Internet of Things - Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems*. Aalborg: River Publishers, 2013.