

UMA BREVE REVISÃO SOBRE ENERGY BENCHMARKS

A brief review of Energy Benchmarks

Alana Finger Rizzardi, Mestranda PósARQ, UFSC.

alana@labcon.ufsc.br

Fernando O. Ruttkay Pereira, PhD, UFSC.

ruttkay.pereira@ufsc.br

Roberto Lamberts, PhD, UFSC.

roberto.lamberts@ufsc.br

Resumo

Com a crescente demanda por edifícios mais eficientes, a indústria da construção se depara com o desafio de garantir que desempenho energético previsto durante a etapa de projeto seja alcançado no edifício em uso. Energy Benchmarks apontam as diferenças entre projeções de consumo em edifícios, estimadas na fase de projeto, e o medido na fase de operação, ressaltando a importância de uma avaliação do efetivo desempenho energético "em uso". O trabalho tem como objetivo a realização de revisão bibliográfica sobre etiquetagem de desempenho energético em uso - Energy Benchmarks, de modo a identificar a metodologia utilizada no contexto internacional e identificar ações semelhantes no Brasil. A pesquisa evidencia a influência do comportamento dos ocupantes sobre o desempenho energético em edificações e frisa o fato do sistema de Benchmark ser eficaz na redução de consumo energético. Contudo como resultado do estudo, encontram-se melhorias importantes que ainda podem ser implantadas no contexto internacional, além de potencial para a implantação de um sistema adequado no Brasil.

Palavras-chave: Benchmarking; Energy Benchmarks; Eficiência energética

Abstract

With the growing demand for more efficient buildings, the construction industry faces the challenge of ensuring the energetic performance envisaged during the design stage is achieved in the building in use. Energy Benchmarks point out the differences between projections of consumption in buildings, estimated in the design phase, and the one measured in the operation phase, emphasizing the importance of an evaluation of the effective energy performance "in use". The objective of this study is to perform a literature review on energy performance labeling in use - Energy Benchmarks, in order to identify the methodology used in the international context and to

identify similar actions in Brazil. The research highlights the influence of occupants' behavior on energy performance in buildings and stresses the fact that the Benchmark system is effective in reducing energy consumption. However, as a result of the study, there are important improvements that can still be implemented in the international context, as well as potential for the implementation of an adequate system in Brazil.

Keywords: *Benchmarking; Energy Benchmarks; Energy efficiency*

1. Introdução

Os processos de construção e operação de edificações contribuem de modo significativo para o total de energia final consumida no mundo todo. No Brasil, as edificações são responsáveis por 48% do consumo de energia elétrica. Frente a este cenário, o consumo racional em edificações tornou-se uma prioridade em países desenvolvidos nas últimas décadas e começa a despertar atenção nos demais países, inclusive no Brasil.

É conhecido o potencial que o setor da construção civil apresenta em termos de melhoria de eficiência e redução de consumo, nesta circunstância, torna-se necessário um aprofundamento no tema. É inexorável associar boas práticas construtivas ao uso eficiente das edificações, aliadas às ferramentas de verificação de gestão de consumo. Para tanto, há uma necessidade cada vez maior de entender o consumo energético de edificações em operação, a fim de permitir gestão de consumo e operação mais eficientes (BORGSTEIN; LAMBERTS,2014).

Neste contexto, surgem as ferramentas de benchmarking, que proporcionam informações para otimização da operação, tomada de decisão e avaliação da eficiência energética de edificações. A implantação de benchmarks é realizada por meio de etiquetas prediais, registrando o consumo normalizado do edifício e comparando com um indicador apropriado, com o objetivo de classificar sua eficiência. Acredita-se que a etiqueta de consumo em uso seja considerada uma das metodologias mais eficazes para apontar e incentivar grandes reduções de consumo de energia (BORGSTEIN; LAMBERTS,2013).

Borgstein e Lamberts (2013) ainda ressaltam que atualmente não existem bases de comparação que permitam a avaliação da eficiência em uso dos edifícios; ou seja, o desempenho real é desconhecido. Tal fato dificulta a identificação de edifícios com operação eficiente e separação de edifícios com grande potencial para melhoria. Existem evidências que, em grande parte dos casos, edifícios construídos com conceitos de sustentabilidade não atingem a performance/desempenho esperado (MENEZES et al., 2012; HSU, 2014; CHUNG et al., 2006). Devido problemas operacionais com novas tecnologias, prédios com certificações sustentáveis podem consumir mais energia que edificações construídas de maneira usual se não contarem com uma correta gestão e operação (BORGSTEIN; LAMBERTS,2013).

Benchmarks de consumo em edifícios, baseados em dados reais, surgem como facilitadores para que os gerentes ou proprietários de um edifício possam rapidamente avaliar o seu desempenho, e identificar o potencial para melhoria a partir de uma

comparação de seu próprio consumo com um benchmark. Este trabalho tem como objetivo a realização de revisão bibliográfica com análise sintética e crítica da literatura no âmbito internacional e nacional, cuja abordagem se refere à etiquetagem de desempenho energético- Energy Benchmarks, visto que esta é uma das ferramentas mais importantes para atuar na melhoria da eficiência energética de edificações.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Contextualização

Sistemas de certificação energética para edifícios surgiram no início de 1990 como um método para melhorar a eficiência energética, minimizando o consumo de energia e permitindo uma maior transparência no que diz respeito à utilização de energia em edifícios. Sob tais circunstâncias, o objetivo global da política energética em edifícios é salvar consumo de energia sem comprometer o conforto, saúde e níveis de produtividade. Em outras palavras, consumir menos energia e fornecer de forma igual, ou melhor, os serviços, sendo eficiente energeticamente.

Tais fatores estão relacionados à qualidade e satisfação dos usuários, e envolvem o âmbito de aplicação de sistemas de certificação e classificação energética além de implementação de certificados de energia em edifícios. Entretanto, muitas vezes, devido à problemas operacionais com novas tecnologias, edificações com certificações sustentáveis podem consumir mais energia que edificações convencionais se não contarem com uma correta gestão e operação (BORGSTEIN; LAMBERTS,2013).

A Europa desenvolveu desde cedo regulamentos para reduzir a transferência de calor através de elementos de envelope, além de práticas recomendadas no projeto, cálculo e manutenção de serviços térmicos de construção. Mais tarde ferramentas de benchmarking de energia começaram a ser utilizadas para se referir à comparação da energia usada em edifícios de características semelhantes. No entanto, desde o início do seu processo de definição e execução, há uma multiplicidade de termos e conceitos, surgindo significados que por vezes se sobrepõem (PÉREZ-LOMBARD et al, 2009). Este fato, muitas vezes levou a interpretações enganosas por órgãos reguladores, agências de energia e consumidores finais. A partir deste cenário, conceitos de ferramentas de benchmarking e seus processos de implementação necessitam ser esclarecidos.

2.2 Conceitos de Benchmarking e etiquetagem de eficiência energética

Etiquetas prediais de nível de eficiência energética são ferramentas eficazes para redução de consumo de energia no ambiente construído. Elas classificam-se em: etiqueta de projeto, etiqueta de edifício construído e etiqueta de consumo em uso. As duas primeiras já estão operacionais via PBE Edifica (Inmetro-Procel). Entretanto, a etiqueta de consumo em uso é indispensável, uma vez que atualmente não existem bases de comparação que permitam a avaliação da eficiência em uso dos edifícios.

Estudos estão sendo realizados, e o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), em parceria com a Eletrobras e demais profissionais, está iniciando o desenvolvimento destes benchmarks. Por compreender a relevância em se criar uma metodologia robusta, que acesse o consumo real, o CT Energia desenvolveu uma ferramenta (base de dados e etiquetagem) de coleta e sistematização de dados que permite a comparação do consumo energético na fase de operação de edificações, dentre tipologias com características e usos semelhantes.

O processo de etiquetagem de consumo em uso consiste na elaboração de um indicador típico de mercado, com base em dados reais de consumo e área das edificações para identificação do nível de eficiência do edifício de forma transparente por meio de uma etiqueta pública. Proporcionando como benefícios diretos: entendimento do consumo real, consumo visível, incentivo e potencialização da economia, melhoria contínua das edificações, além de indiretamente haver uma valorização do imóvel.

A certificação de desempenho energético de uma edificação pode ser realizada na etapa de construção ou até mesmo em edifícios existentes. Borgstein (2014) ressalta que para obtenção da certificação, a avaliação de eficiência energética de edifícios pode ser realizada de duas formas distintas. A primeira é avaliação do potencial para eficiência energética no edifício, por meio de um levantamento da infraestrutura instalada (envoltória, o sistema de ar condicionado etc.) e cálculo ou simulação da eficiência energética, considerando parâmetros padrão de ocupação e uso (Asset Rating).

A segunda forma de avaliação envolve uma medição de consumo real durante um período de operação do edifício, para avaliar a eficiência energética medida. Esta avaliação, denominada Operational Rating na literatura internacional, é nacionalmente conhecida como Desempenho Energético Operacional (DEO). Os programas PBE Edifica e SeloProcel Edificações adotaram Asset Rating, ou avaliação da eficiência energética potencial.

2.3 Experiência brasileira

O primeiro módulo de DEO- Desempenho Energético Operacional implantado no Brasil, foi realizado em agências bancárias. Borgstein e Lamberts (2014) apresentam dados de mais de 10.000 agências brasileiras em que os resultados combinados das análises estatísticas e de simulação são mostrados para ser uma forma de caracterizar o consumo de energia. O consumo energético do benchmark varia de acordo com o local, sendo que edifícios localizados em climas mais quentes apresentarão consumo diferenciado.

A repartição do consumo de energia por utilização final foi feita em oito diferentes cidades do Brasil com climas definidos pela norma brasileira NBR 15220-2005. Foi simulado usando o modelo paramétrico, e os resultados de consumo são mostrados no gráfico abaixo (Figura 01):

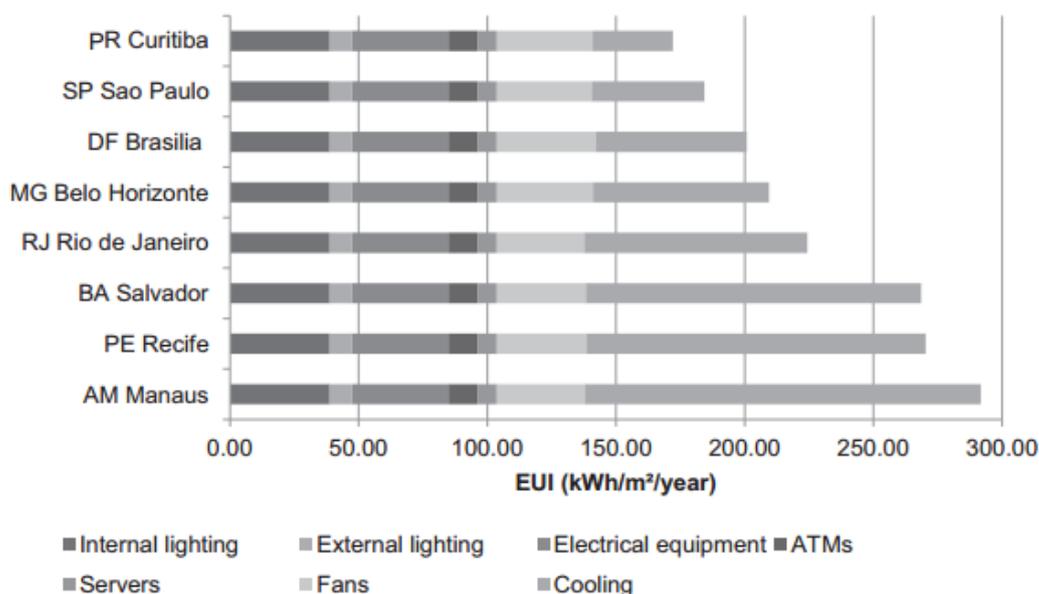


Figura 01: Repartição do consumo de energia do banco por utilização final em climas diferentes (resultados simulados). Fonte: Borgstein e Lamberts (2014).

Os autores, ressaltam que o valor de referência do consumo de energia em agências bancárias requer um fator de correção climática, entretanto o zoneamento brasileiro bioclimático mostrou-se insuficiente para definir esta correção.

A respeito do método adotado, os autores relatam que o desenvolvimento de um referencial com os dados de uso do consumo anual de energia por metro quadrado de área útil por si só seria possível, no entanto mostrou-se necessário o uso de simulação para validar os resultados e os fatores de correção. O modelo de simulação validado também permite atenuar os impactos das variações nas características essenciais do edifício a ser estudado, mesmo na ausência de dados estatísticos relevantes.

2.4 Contexto Internacional

Na escala internacional o reconhecimento da efetividade e necessidade de tais ferramentas de benchmark é cada vez maior. Nos Estados Unidos, o programa EnergyStar foi originalmente introduzido como um programa voluntário de eficiência energética que forneceu a rotulagem de eficiência a partir de 1999, e um ano mais tarde a interface do usuário Portfolio Manager foi introduzido para ajudar proprietários e gestores de edifícios a recolher os seus dados e produzir pontuações no Energy Star para tipos de instalações selecionadas. Desde então, o Energy Star tem se tornado o maior sistema de benchmarking de energia para edifícios no mundo.

Dados de energia auto-relatados estão crescendo rapidamente no Portfolio Manager. Estes dados são testados e melhorados para a análise, aplicando teorias e métodos de

qualidade dos dados desenvolvidos em estatística e gestão de dados. Estes novos dados constituem um alicerce fundamental para o desenvolvimento de políticas de eficiência energética, e afetam a forma como o governo, consultores e proprietários medem e compararam a construção na fase de uso.

Os dados externos da plataforma Energy Star dependem de fontes, que exigem o conhecimento detalhado sobre a construção. Através da plataforma, os usuários digitam suas contas mensais de energia e respondem perguntas sobre características da construção em geral, em seguida, a energia consumida é calculada de acordo com o uso e utilizando fatores de conversão térmica calculada por região. Com isso, um EUI (intensidade de utilização de energia) real é calculado dividindo-se a fonte energia pela área bruta do edifício, a EUI prevista para cada edifício é generalizada a partir ajustes estatísticos.

Um estudo de caso realizado em um edifício de escritórios comerciais em Nova York, demonstra algumas considerações ao sistema de dados auto-relatados e apresenta desafios para benchmarks de energia para edifícios. Como resultado, Hsu (2014) enfatiza o papel de abordagens e normas no consumo de energia, e visa operacionalizar esses insights comportamentais para a eficiência energética. Ainda, considera a metodologia e implementação atual de pontuação do Energy Star com múltiplos problemas. Afirma que as informações técnicas na engenharia de construção podem ser falhas.

Hsu (2014) indica algumas vantagens particulares de dados auto-relatados: permite uma comparação razoável de edifícios construídos sob condições semelhantes, como o clima local, densidade, práticas de construção e sistemas de infra-estrutura, além de captar a heterogeneidade da população. Mas também ressalta que é necessário corrigir o problema principal com os dados auto-relatados, que é qualidade dos dados (DQ).

O estudo aponta que existem possíveis fontes de erro nos dados que são auto-relatados. Erros de entrada de dados que podem simplesmente ocorrer porque exigem conhecimento dos proprietários, gerentes ou consultores, a fim de denunciar o uso de energia e as principais características de construção. Os usuários podem simplesmente não saber o número de trabalhadores ou computadores em sua construção, e até mesmo medidas básicas, tais como: ocupada e área bruta. Além de que a falta de compreensão do usuário pode levar a dados inválidos.

Em concordância com as ideias relatadas, Chung et al. (2006) em análise realizada em 30 supermercados de Hong Kog, no qual a relação entre as intensidades de uso de energia e os seus respectivos fatores justificativos (exemplo: horas de trabalho) são abordados, aponta uma desvantagem relação à abordagem de regressão múltipla: inclui fatores muito significativos. Para os usuários finais leigos, será solicitada a entrada de muitos detalhes técnicos. Consequentemente, os usuários finais podem ser desencorajados de usar este modelo de benchmarking.

Os modelos de benchmarking são maioritariamente feitos através de tabelas de benchmarking (dados percentuais) de uso de energia, de acordo com a área de pavimento e temperatura. Chung et al. (2006) indicam que existem vários fatores que podem afetar a EUI, tais como operação dos ocupantes, comportamento e manutenção, fatores que não podem ser normalizadas apenas por graus-dia. Além de alguns fatores que influenciam o consumo de energia e desempenho em edifícios. Estes são fatores pessoas, do tipo de construção, fatores ocupacionais, fatores climáticos, fatores idade da construção, fatores de

construção e sistema de utilização final de energia. Estes fatores são apresentados na Tabela 01:

Variáveis explicativas dos consumos de energia nos supermercados

<i>Fator</i>	Variável Exógena	Nome da Variável Exógena
<i>Idade</i>	X1	Idade da construção
<i>Ocupação</i>	X2	Área interna
	X3	Cronograma operacional
	X4	Nº de ocupantes/ano
<i>Pessoas</i>	X5	Comportamento do ocupante e fator manutenção
	X6	Temperatura interior (set-point verão)
<i>Sistema de energia</i>	X7	Tipo de equipamento de arrefecimento
	X8	Equipamento de iluminação
	X9	Controle de iluminação

Tabela 01: Nove potenciais variáveis explicativas. Fonte Chung et. al, 2006. Adaptado pelos autores.

Um ponto significativo relatado pelos autores, é que bons comportamentos dos ocupantes, faz com que o indicador de eficiência energética melhore à medida que os ocupantes realizem uma manutenção com programa de qualidade para os seus equipamentos. Fatores gerenciáveis como o comportamento dos ocupantes pode ser melhorada através de práticas de gestão de energia ou uma maior eficiência em sistemas de energia.

Em adição a este tópico, Menezes et. al (2012) relata que a entrada de dados em um modelo de energia do edifício baseia-se significativamente em suposições. Estas são normalmente feitas na fase de concepção, quando muitos aspectos da função e utilização do edifício são desconhecidos ou incertos. Isto pode resultar em entradas irrealistas em relação à qualidade de construção e desempenho, padrões de ocupação e do comportamento, bem como a gestão e controle do edifício e dos seus serviços.

Também ressalta uma maior preocupação de investigação sobre a utilização real dos edifícios, concentrando-se na ocupação e comportamento de gestão, bem como seu impacto sobre o consumo de energia não regulamentada. Estas informações podem ser obtidas através de uma Avaliação Pós-Ocupação, onde serão conhecidos os impactos da ocupação e gestão sobre o consumo real de energia dos edifícios. Além disso, ela deve permitir a utilização de parâmetros de entrada realistas em modelos energéticos, trazendo os números previstos mais próximos da realidade.

Menezes et. al (2012), aborda questões sobre melhorias em ferramentas de simulação atuais que não conseguem modelar com precisão o impacto dos ocupantes e gestão sobre o desempenho energético dos edifícios. Esta questão é geralmente atribuída à utilização de pressupostos inadequados na fase de projeto, mais do que uma incapacidade de os próprios ferramentas de modelagem.

Neste contexto, Pérez-Lombard et. al (2009) discute a respeito dos métodos utilizados para estimar o uso de energia: simulação computacional ou medição no local. O artigo conta com uma tabela comparativa, ilustrada na Tabela 02.

Conceito	Simulação	Medição no local
Dados de entrada	Informações detalhadas	Contas de energia ou medição
Dados de saída	Detalhados e separados	Global e não separados
Clima e uso	Padrão (Standard)	Real
Uso de energia	Estimado	Medido
Escopo	Edificações novas e existentes	Edificações existentes
Custo e habilidade do usuário	Alto	Baixo

Tabela 02: Comparação de métodos de estimação do uso de energia. Fonte: Pérez-Lombard et. al (2009). Adaptado pelos autores.

Os autores afirmam que a simulação computacional oferece informações detalhadas e uma grande variedade de saídas, no entanto, pode exigir um grande número de entradas, utilizadores qualificados e uma quantidade significativa de tempo para reunir os dados necessários, os quais podem tornar o processo dispendioso.

Já em relação aos consumos medidos, Pérez-Lombard et. al (2009) ressaltam que podem ser obtidos a partir de contas de energia ou monitorização. Contas de energia dão acesso fácil ao consumo de energia por fonte, embora seja difícil estabelecer uma divisão por usos finais. Monitoramento de energia baseado em sub-medição também pode ser caro, mas oferece informações sobre o desempenho de grande utilidade aos auditores e responsáveis pela manutenção do edifício.

Em resumo, a estimativa do uso de energia, tanto em edifícios novos quanto existentes, podem ser obtidas em diferentes níveis de precisão e custo. Segundo, Pérez-Lombard et. al (2009), em qualquer caso, existem sempre discrepâncias entre o consumo de energia previsto e medido. Algumas fontes de erro são incertezas naturais, como as diferenças entre tempos reais e dados típicos climáticos. Outros, como o uso de dados padrão para cargas internas pode ser reduzida mediante o ajustamento do modelo de construção de as reais condições de construção existentes.

Vale considerar, que a influência do comportamento dos ocupantes sobre o desempenho energético é considerável. Variáveis como número de pessoas e atividade, setpoints termostato, o uso de equipamentos, ventilação natural, demanda de água quente,

etc, são fortemente dependentes dos ocupantes ou proprietário e pode resultar em grandes variações no uso de energia, mesmo para o mesmo clima e tipo de edifício.

E por fim, é importante ressaltar que qualquer programa de referência que combine a utilização de o consumo de energia medido para edifícios reais com um banco de dados com base na simulação deve ser calibrado para assegurar que a análise comparativa é consistente.

3. Considerações Finais

A implantação de benchmarks é sem dúvidas uma metodologia eficaz para apontar e incentivar grandes reduções de consumo de energia. Uma vez comparado seu próprio consumo com um benchmark, gerentes ou proprietários de um edifício podem rapidamente avaliar o seu desempenho, e identificar o potencial para melhoria.

Diante da pesquisa realizada, é visível que a influência do comportamento dos ocupantes sobre o desempenho energético é considerável. Variáveis como número de pessoas e atividade, o uso de equipamentos, ventilação natural, etc, são fortemente dependentes dos ocupantes ou proprietários e pode resultar em grandes variações no uso de energia, mesmo em climas e tipos de edifício semelhantes. Uma boa gestão pode resultar em uma operação eficiente dos serviços de construção, enquanto estratégias inadequadas podem resultar em desperdício de energia.

Vale ressaltar que os ocupantes do edifício nem sempre têm controle direto sobre os serviços de construção, tais como aquecimento e arrefecimento. No entanto, mesmo no nível mais alto de automatização de edifícios, os ocupantes podem afetar no seu consumo de energia, influenciando as condições internas, por exemplo, abrindo janelas, bloqueando as entradas de ar.

Além disso, os ocupantes têm o controle sobre vários equipamentos que consomem energia, comumente referido como “carga não regulamentada”, ou seja, não controlada por regulamentos de construção. Deste modo, auditorias energéticas constantes, bem como exercícios de comissionamento podem ajudar a maximizar a eficiência dos serviços de construção, evitando o desperdício desnecessário de energia.

Em relação aos métodos existentes, níveis mais elevados de detalhe conferem maior confiabilidade, entretanto aumenta-se o custo e a dificuldade de implementação, o que reduz a possibilidade de implantação em grande escala. Em contrapartida, um método voltado para ter baixos custos e rápida implantação perderá um pouco da confiabilidade, correndo o risco de se abrir a possibilidade de críticas do programa em diversos setores.

Uma possível forma de realizar a implantação de benchmarks é com uso de dois sistemas distintos - um sistema simples que pode ser aplicado de forma mandatória (edifícios públicos), e um sistema mais complexo que utiliza a mesma escala para demonstração dos resultados, mas que seria implantada de forma voluntária. Seria importante neste caso manter a interface entre os dois programas, de certificação voluntária e mandatória para incentivar a migração futura dos usuários para o programa mais complexo. A calibração entre os níveis de eficiência do Operational Rating e Asset Rating,

poderá proporcionar mais confiança nos resultados e permitir comparações. Este sistema iria fornecer mais dados e mais detalhes nas informações obtidas.

Em comparação com os estudos realizados em outros países, pode-se considerar que, apesar do sistema de Benchmark ser muito eficaz na redução de consumo energético, há melhorias importantes que ainda podem ser implantadas. O Brasil, possui um grande potencial de dar um salto tecnológico em busca da eficiência energética, de modo a assimilar as dificuldades encontradas em outros países e desenvolver um sistema que se inicie de maneira mais adequada. Além disso, de forma geral, os sistemas prediais no Brasil têm pouca variabilidade e seguem uma padronização, o que facilitará o trabalho de levantamento de informações no processo de aplicação de etiquetas de benchmarking no Brasil. Porém, o uso de novas tecnologias em muitos edifícios aumenta a complexidade, e nem sempre há profissionais qualificados disponíveis para trabalhar com a operação de tais edificações.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Capes e ao CNPQ pelo apoio financeiro.

Referências

- BORGSTEIN, E.H.; LAMBERTS, R. Benchmarking e etiquetagem energética em uso. **Conselho Brasileiro de Construção Sustentável**. Nov. 2013.
- BORGSTEIN, E.H.; LAMBERTS, R. Desenvolvimento de benchmarks nacionais de consumo energético de edificações em operação. **Conselho Brasileiro de Construção Sustentável**. Out. 2014.
- BORGSTEIN, E.H. LAMBERTS, R. Developing energy consumption benchmarks for buildings: Bank branches in Brazil. **Energy and Buildings**. Out. 2014, Volume 82, p. 82-91.
- BORGSTEIN, E.H.; Mitsidi Projetos. Análise do sistema Britânico de etiquetagem energética de edificações em operação (DECs). Produto 1 Metodologia para mensurar e avaliar o impacto do uso de Medidores Inteligentes (Smart Meters) em edifícios. **Conselho Brasileiro de Construção Sustentável**. Nov. 2014.
- CHUNG, W., HUI, Y.V., LAM, Y.M.b. Benchmarking the energy efficiency of commercial buildings. **Applied Energy**.Jan. 2006, Volume 83, p. 1-14.
- HSU, D. Improving energy benchmarking with self-reported data. **Building Research and Information**. Set. 2014, Volume 42, p. 641-656.
- MENEZES, A.C., CRIPPS, A., BOUCLAGHEM, D., BUSWELL, R. Predicted vs. actual energy performance of non-domestic buildings: Using post-occupancy evaluation data to reduce the performance gap. **Applied Energy**. Set. 2012, Volume 97, p. 355-364.

PÉREZ-LOMBARD, Ortiz, J., GONZÁLEZ, R., MAESTRE, I.R. A review of benchmarking, rating and labelling concepts within the framework of building energy certification schemes (Review). **Energy and Buildings**. Mar. 2009, Volume 41, p. 272-278.