

BENEFICIOS DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA DE  
SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN PREDIALES

Isabela Corrêa Castro – isabelacastro@gmail.com

Eduardo Gonçalves Machado – edugmac@gmail.com

Frederico Romagnoli Silveira Lima – fredericoromagnoli@gmail.com

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), Departamento de Engenharia Mecânica

Nathan Magno Paiva – tammagno@gmail.com

Raquel Diniz Oliveira – raqueldiniz@cefetmg.br

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), Departamento de Engenharia Civil

S1 Sistemas de Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento

**Resumen.** *La auditoría energética en Brasil todavía no es común, en especial en edificaciones públicas de enseñanza. En este proceso, se evalúan la conformidad de una edificación frente a las exigencias normativas, su desempeño operativo y eficiencia energética, además del nivel de satisfacción relacionado a la comodidad térmica de sus ocupantes. De esta manera, se realiza la verificación de la condición existente y la proposición de medidas para el mejoramiento del sistema, caso aplicable. El objetivo de este trabajo es evaluar a través de auditoría energética, el desempeño energético e las condiciones de comodidad térmica propiciadas por el sistema de climatización artificial de los espacios administrativos de los Departamentos de Ingeniería Eléctrica y Mecánica del Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, en Belo Horizonte. Los resultados de la auditoría indicaron no conformidades, como la ausencia de sistema de renovación de aire, ineficiencia de las rutinas de mantenimiento y no se alcanzaron condiciones adecuadas de comodidad térmica usando el sistema de aire acondicionado. Se verificó que la carga ideal del sistema sería de 44,0 kW, pero el sistema actualmente instalado es capaz de entregar apenas 92% del estimado. Fue constatado también que el setpoint de la temperatura no fue alcanzado en los meses de septiembre y octubre del 2019, cuando las temperaturas ambientes fueron más bajas que las medidas. Han sido verificadas las estrategias para mejora de la eficiencia del sistema, como la implantación del plan de mantenimiento, operación y control (PMOC), visando que el mantenimiento sea más eficiente, retrofit del sistema y estrategias de reducción de la carga térmica relacionadas a la fachada y al espacio condicionado. Los resultados obtenidos auxilian la tomada de decisión en acciones futuras.*

**Palabras-clave:** Auditoría energética, climatización artificial, comodidad térmica, eficiencia energética.

## 1. INTRODUCCIÓN

El diagnóstico energético consiste en la evaluación de la eficiencia de una edificación, con el fin de identificar acciones que permiten la mejora de su desempeño energético (CBCS; MITSIDI, 2016). Ese proceso visa detectar problemas operacionales, mejorar las condiciones de comodidad térmica, optimizar la utilización de la energía de la edificación, además de identificar oportunidades de reducción del consumo energético (ALAJMI, 2012). Debe realizarse periódicamente e incluir evaluación de los cambios de uso de la edificación, de las condiciones de los equipamientos y la aplicabilidad de tecnologías energéticamente eficientes (ASHRAE, 2006). El proceso empieza con la definición de los procesos y áreas objeto de la auditoría, en seguida, determinar los recursos necesarios para su realización e informaciones requeridas.

Los sistemas de climatización artificial representan, en media, 30% del consumo total de las edificaciones (COSTA, 2016) y, por tanto, impactan de forma significativa en la eficiencia energética de los edificios. El bajo consumo energético puede ocultar un sistema ineficiente, comprometiendo la comodidad térmica de los ocupantes (CBCS; MITSIDI, 2016). La operación inadecuada de los sistemas de climatización puede representar pérdidas energéticas. Además de analizar el consumo energético, la auditoría debe verificar la eficiencia del sistema de climatización llevando en cuenta las variables que impactan en las condiciones para obtención de comodidad térmica (PÓVOA, 2014). En el diagnóstico de eficiencia de este sistema deben ser analizadas las variables: temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del aire, niveles de ruido, según la norma NBR 16401(2008). Esa norma determina que el sistema de aire acondicionado debe ser considerado satisfactorio para un mínimo de 80% de los ocupantes. Sobre los aspectos energéticos, deben ser atendidos los parámetros de la norma 90.1 (ASHRAE, 2016), que establece estándares de energía para edificios.

Considerando que sistemas *split* e ventana, con eficiencia clase A, pueden reducir el consumo de 22,8 a 32,8%, Batlle (2015) propuso cambios en esos equipamientos en la Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Aun que representen 30,2% del consumo total del campus, apenas 30 e 25% de las máquinas (bloques I y G, respectivamente) estaban en adecuado estado de conservación. Como resultado, se obtuvo potencialmente 45.984,92 e 29.159,31 kWh/año de economía en los bloques I y G.

La literatura indica reducción del consumo para climatización como resultado de auditoría energética y sus recomendaciones. En un edificio institucional, el estudio presentó potencialmente 42% de reducción en el consumo energético.

tico de este sistema (RAHMAN; RASUL; KHAN, 2010). En el *retrofit* de más de 130 edificaciones, incluidos edificios institucionales, se observó un 20% de reducción del consumo energético para climatización y la mejora en su eficiencia operacional. En este contexto, el objetivo del presente estudio es realizar auditoría energética para evaluar las condiciones de comodidad térmica en las reparticiones administrativas del Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), y, si necesario, proponer sugerencias para la mejora de la eficiencia del sistema de climatización.

## 2. MÉTODO

La metodología de este trabajo está dividida en tres etapas: caracterización del objeto de estudio; auditoría energética simplificada; análisis de los resultados y proposición de acciones para la mejora del sistema, caso aplicable.

### 2.1 Caracterización del objeto de estudio

El objeto en estudio se refiere a una parte de la edificación que compone el campus Nova Gameleira del CEFET-MG, localizado en Belo Horizonte (MG/Brasil). Las reparticiones administrativas elegidas para los análisis abarcan los Departamentos de Ingeniería Eléctrica (DEE) e Ingeniería Mecánica (DEM) situados en el 2<sup>do</sup> piso del edificio 7 (Fig. 1a). Está destacado en color azul la posición en que se localiza el DEE y en rojo el DEM (Fig. 1b). El espacio es climatizado artificialmente (Fig. 1c y 1d) y el edificio no dispone de dispositivos externos de protección solar.



Figuras 1. Implantación (a), perspectiva (b) y vistas internas del DEE (c) y DEM (d)

\*Fuente: Adaptado de GOOGLE MAPS (2020)

El DEE dispone de *hall*, pasillo, cocina e 14 oficinas para 1 o 2 ocupantes, conforme *layout* propuesto en el proyecto, totalizando, aproximadamente, 176 m<sup>2</sup>, y el DEM posee secretaria, pasillo, cocina y 13 oficinas para 1 o 2 ocupantes, totalizando, aproximadamente, 157 m<sup>2</sup> (Fig. 2). Los ambientes poseen sistema de aire acondicionado del tipo *split* con ductos aparentes para distribución y suministro del aire refrigerado (Fig. 1c e 1d).

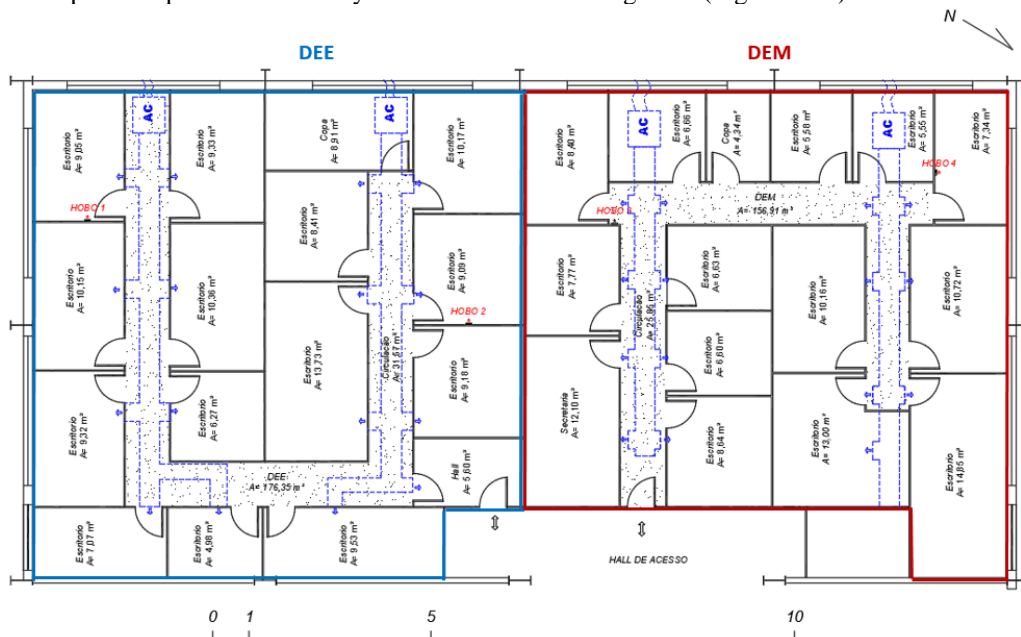


Figura 2. Planta del DEE y DEM  
 Fuente: Adaptado de SINFRA (2016)

## 2.2 Auditoría energética simplificada

Conforme la norma 211 (ASHRAE, 2018), los procedimientos de auditoría engloban los siguientes niveles: 1) análisis preliminar (paso-a-paso); 2) análisis energético y 3) análisis detallada de acciones de mejora aplicables. Los niveles son definidos durante la determinación de procesos y áreas objeto de la auditoría según el tamaño y la complejidad de la edificación. En algunos casos, la realización de los niveles 1 y 2 es suficiente para alcanzar los objetivos del proceso (SHAPIRO, 2009), como es el caso de este estudio.

En el análisis preliminar se realizó la apuración de las informaciones considerando las características físicas, uso y ocupación de la edificación. Para la verificación fueron medidas las dimensiones y anotada la configuración de las salas y pasillos de ambos departamentos. Fueron utilizadas cintas metálicas con precisión de 1 mm (CBCS; MITSIDI, 2016). De manera complementar, se anotó las características constructivas de los materiales utilizados en los bordes de cada espacio.

En esta etapa se buscó identificar acciones de eficiencia e de reducción de consumo aplicables, así como posibles cambios en la planta del edificio. Los ambientes de los departamentos analizados están separados por paneles divisorios susceptibles a desplazamientos. Es válida la proposición de un análisis más criterioso de alteraciones en el *layout*.

Durante el análisis energético, fueron listados los sistemas consumidores de energía, revisadas las prácticas de operación y mantenimiento (O&M), los problemas de O&M y se sugirió acciones correctivas con potencial para reducción del consumo. Se buscó estimar el impacto y el costo de implantación de cada medida propuesta, con base en aspectos operacionales, de mantenimiento y otros no relacionados estrictamente a energía.

Para las mediciones de las variables ambientales como temperatura del aire (T) y humedad relativa (UR) de los espacios internos del DEE y DEM, se utilizó 4 *dataloggers*, marca Onset, modelo HOBO U12-012, Canal T: Precisión:  $\pm 0,35^\circ\text{C}$  de 0 hasta  $50^\circ\text{C}$ , Escala: de  $-20$  hasta  $70^\circ\text{C}$ , Resolución:  $0,03$  a  $25^\circ\text{C}$ ; Canal UR: Precisión:  $\pm 2,5$  de 10% hasta 90% de UR, hasta un máximo de  $\pm 3,5\%$ , incluido retardo a  $25^\circ\text{C}$  y  $\pm 5\%$  abajo de 10% e arriba de 90%, Escala: de 5 hasta 95%, Resolución:  $0,05\%$ . En la Fig. 2 está indicado el posicionamiento de los equipamientos en la planta del DEE y DEM, identificados como “Hobo 1” hasta “Hobo 4”.

La localización de los equipamientos se basó en la ISO 7726 (1998), que establece 1,10 m como altura representativa para individuos de pie o sentados. La norma 55 (ASHRAE, 2017) recomienda que los equipamientos queden localizados en un punto representativo respecto a la dispersión de los usuarios en el ambiente o localizados en el centro del espacio, con alejamiento mínimo de 1 m de cada pared interna. Barbosa, Weiller, Lamberts (2007) indican, por otro lado, que la medición en un punto próximo a las fachadas donde incide menor insolación, puede substituir el punto central del ambiente, ya que los datos de temperatura obtenidos en ambos casos fueron similares. Para cualquier de los casos, las mediciones deben ser realizadas en los puntos en que haya más probabilidad de representar los parámetros térmicos máximos. En este contexto, los equipamientos fueron posicionados en locales representativos respecto a la dispersión de los usuarios en el ambiente, considerando las limitaciones del *layout*, sin obstruir el camino.

De forma complementar, fue utilizado una pinza amperimétrica para la determinación de la corriente eléctrica instantánea en las tres fases que entran en los departamentos, por el cuadro de distribución, medición de la tensión y obtención de datos para el cálculo de la potencia. Las mediciones fueron realizadas en horarios y periodos distintos para averiguar posibles variaciones en el uso y ocupación a lo largo del año. De esta forma, considerando el uso del espacio, se definió como representativos los horarios de 11h30 y 16h30, periodos en que la posibilidad de ocupación máxima es más recurrente y la incidencia solar más intensa.

## 2.3 Análisis de los resultados y proposiciones de acciones de mejora

El análisis de la eficiencia energética se fundamentó en parámetros cualitativos, por tanto, las fuentes de los datos teóricos fueron comparadas con los resultados obtenidos de los estudios de climatización y los gastos de energía eléctrica. En seguida, a partir dos resultados obtenidos, fueron evaluadas acciones para promover la cualidad de las condiciones de confort en el ambiente como estrategias aplicables para la mejora de la eficiencia energética de los departamentos.

## 3. RESULTADOS

Seguido del análisis preliminar (paso-a-paso), se verificó la necesidad de actualización de la planta del edificio. La Fig. 2 contempla, por tanto, la situación actualizada del *layout*. El sitio que abriga actualmente el DEE y el DEM fue utilizado para el máster en tecnología, compuesto por aulas, salas de reunión, coordinación, mini auditorio y 9 oficinas.

La fachada vertical del edificio está construida con ladrillo macizo aparente (22 x 10 x 06 cm) con 3 cm de motero interno (25 cm de espesura total). La transmitancia térmica (U) y la capacidad térmica (CT) de la fachada fueron estimadas conforme las ecuaciones de cálculo de la norma NBR 15.220 (2005). Se obtuvo  $2,51\text{ W/m}^2\text{K}$  (U) y  $442\text{ kJ/m}^2\text{K}$  (CT). Se obtuvo 0,67 de absorción a la radiación solar de la fachada a través de cálculo a partir de la medición realizada conforme descrito por Sangoi, Ramos e Lamberts (2010) con auxilio de un espectrómetro de reflectancia portátil ALTA II. El cristal utilizado en la ventana es transparente (4 mm).

El sistema de climatización es compuesto por 2 bi-splits de ductos de la marca Trane, con capacidad de 17,6 kW (60.000 Btu/h) cada, y un equipamiento de ventana de la marca Elgin de 5,3 kW (18.000 Btu/h), localizado en la cocina

del DEM. El *setpoint* definido para los ambientes fue de 24° C. Durante el periodo de utilización del sistema de aire acondicionado, las puertas de acceso a los espacios de trabajo permanecieron abiertas y, las ventanas y persianas, cerradas. Las áreas de trabajo del DEE están separadas por paneles divisorios hasta el techo (Fig. 1c). En el DEM, existen paneles divisorios con 2,10 m de altura (Fig. 1d).

La estimativa de carga térmica fue realizada con base en la cantidad de equipamientos, carga de iluminación y ocupantes, conforme norma NBR 16401(2008), y resultó en el valor de 44,0 kW (150.000 Btu/h), indicando que la capacidad del sistema de aire acondicionado puede atender, en plena carga, apenas a 92% de la carga total de los ambientes. Además, se detectó que uno de los equipamientos estaba inoperante, siendo necesaria la realización de manutención correctiva. Las mediciones consideradas para los análisis consideraron el mejor escenario, o sea, los ambientes donde se utilizan as máquinas operantes, para que el equipamiento inoperante no causara impacto en los resultados.

Los resultados fueron primeramente contrastados con el *setpoint* definido para el sistema de aire acondicionado para verificación del cumplimiento de las condiciones de comodidad térmica en el periodo de pico de temperatura (entre 12 y 13h). Los registros de temperatura utilizados para la elaboración de los gráficos de la Fig. 3 consisten en medias colectadas de 15 en 15 minutos entre 12h y 13h de cada día del periodo analizado. Luego de esa verificación, fue analizada la viabilidad de la aplicación de acciones de mejora de la eficiencia energética. Los valores de temperatura y humedad relativa del aire ambiente registrados por el Hobo 2 y los datos para el mismo periodo fornecido por el Instituto Nacional de Meteorología (INMET, 2019), colectados por la estación meteorológica A521, opción más próxima de la localización del estudio de caso, pueden ser observados para o periodo más ameno (Fig. 3a) y más caliente (Fig. 3b).

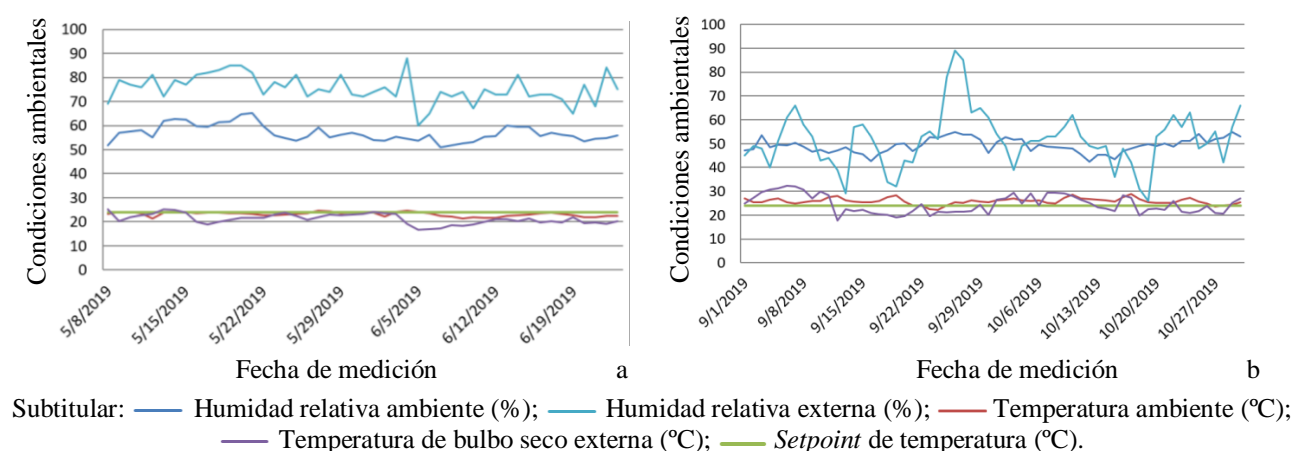


Figura 3. Parámetros del aire para el periodo de mayo y junio (a) y septiembre y octubre (b) del 2019.

A pesar de la inexistencia de dispositivos de control de humedad relativa del sistema de aire acondicionado, se observó la mantención de los valores de ese parámetro en niveles considerados satisfactorios para comodidad por la norma NBR 16401(2008), entre 40% y 60%. Respecto al alcance del *setpoint*, se observó que, en el periodo de temperaturas más bajas del aire externo, en los meses de mayo y junio, el sistema logró llegar a la temperatura ajustada. Pero, cuando registradas temperaturas más elevadas, en los meses de septiembre y octubre, el *setpoint* no fue alcanzado.

La potencia media demandada por el sistema de aire acondicionado fue calculada con base en mediciones manuales e instantáneas de corriente, en ampere (A), realizadas en el cuadro eléctrico dedicado al sistema de climatización. Los valores de corriente fueron medidos en los horarios más representativos de la combinación de los parámetros temperaturas externas y ocupación, 11h30 y 16h30. El estudio de los valores de potencia fue realizado en watt (W) y no respecto al consumo en kWh, para análisis más simplificadas. Esas dos grandezas son directamente proporcionales y, por tanto, es posible llegar con coherencia a conclusiones sobre el consumo utilizándose igual periodo de tiempo para los valores analizados. Los resultados de las mediciones de corriente en las fases R, S y T con pinza amperímetro, para la tensión medida de 224 V y las potencias calculadas están representadas en la Tab. 1.

Tabla 1. Mediciones en el cuadro dedicado al sistema de aire acondicionado.

Periodo das mediciones	Horario	Corriente Fase R (A)	Corriente Fase S (A)	Corriente Fase T (A)	Tensión (V)	Potencia total (W)
Mayo e junio 2019	11h 30	10,20	15,50	18,40	224,00	9878,40
	16h 30	10,90	5,14	8,20	224,00	5429,76
Septiembre y octubre 2019	11h 30	13,30	25,40	22,80	224,00	13776,00
	16h 30	14,92	29,61	24,57	224,00	15478,40

En los meses de mayo y junio, se observó consumo 28,3% menor que en los meses de septiembre y octubre en el horario de 11h30, y 64,9% menor para el horario de 16h30. Es decir, durante la ocurrencia de temperaturas elevadas (Fig. 3b) se verificó que el consumo del aire acondicionado fue más elevado y el *setpoint* en ese periodo no fue al-

canzado. Las condiciones térmicas propiciadas a los ocupantes fueron, por tanto, insatisfactorias en ese periodo. En los meses de mayo y junio, se observó que los ocupantes del ambiente apagaban el sistema de climatización, ya que las temperaturas externas estaban más bajas. Se verificó aun las siguientes no conformidades normativas: no se realizaba la renovación mínima del aire prevista en la norma NBR16401(2008), una vez que no existe sistema de suministro de aire externo; inexistencia de un PMOC a ser cumplido por empresa mantenedora habilitada, conforme Ley 13589 (BRASIL, 2018).

En síntesis, luego de la realización del proceso de auditoría se verificó la necesidad de implantación de medidas para la mejora de las condiciones de comodidad térmica y de la eficiencia energética del sistema analizado, principalmente respecto a los meses de ocurrencia de temperaturas externas de aire más elevadas. Se recomendó la aplicación de algunas estrategias como pintura de los ladrillos aparentes con color clara y más reflexiva, instalación de película para control térmico de los cristales de las ventanas, considerando su relevancia en el espacio analizado (aproximadamente 38% del área total de fachada) y/o instalación de dispositivos externos de protección solar, como brises para reducción de la carga térmica a ser combatida por el sistema de aire acondicionado. Se sugiere, por tanto, trabajos futuros para análisis de la eficacia y viabilidad financiera de estas medidas. De toda forma, a través de este estudio fue posible confirmar la importancia del gerenciamiento energético y realización de auditorías para conocimiento de las condiciones operacionales de las edificaciones y proposición de acciones de mejora. A partir de estas acciones para mejora de la eficiencia del sistema de aire acondicionado, se puede esperar el aumento de las condiciones de comodidad de los ocupantes y reducción del consumo de la edificación, conforme observado en la literatura (RAHMAN; RASUL; KHAN, 2010).

#### 4. CONCLUSIONES

Este estudio posibilitó analizar las condiciones operacionales de una edificación y diagnosticar el potencial de mejora de su eficiencia energética, con énfasis en los parámetros de comodidad térmica y consumo energético relacionados al sistema de aire acondicionado. El análisis preliminar (paso-a-paso) permitió caracterizar y apuntar estrategias de mejora para el sistema de climatización artificial de los espacios de trabajo del DEM y DEE del CEFET-MG. La realización de *retrofit* del sistema puede ser una alternativa para adecuar la carga térmica de la edificación, pero debe ser analizado o aumento de consumo que puede ocurrir en el caso de que esa sugerencia sea implantada. Fueron sugeridas acciones que requieren análisis del periodo de recuperación de las inversiones necesarias, como instalación de brises para reducción de la carga térmica a ser combatida por el sistema de aire acondicionado. Las medidas de mejora de las rutinas de mantenimiento preventivo, realización de manutención correctiva del equipamiento que estaba inoperante y la limpieza de los filtros deberán ser implantadas. Su impacto podrá ser percibido por el aumento de la eficiencia del sistema y la real necesidad de acciones más dispendiosas podrá ser posteriormente evaluada. Los resultados alcanzados podrán refrendar el proceso de tomada de decisiones para futuras acciones en los espacios, además de servir como referencia para proyectos semejantes. Trabajos futuros podrán cuantificar el potencial de estas medidas a través de simulaciones para evaluación de impacto de cada intervención sugerida.

#### *Agradecimientos*

Al CEFET-MG, por el auxilio al desarrollo de este trabajo. A Rafael Gros de la Université Grenoble Alpes por el apoyo en las mediciones. A Marcos Lins de Oliveira por su colaboración durante a cuarentena para confirmar algunos datos de este estudio.

#### 5. REFERENCIAS

- ABNT. 2008. Instalações de ar condicionado. Sistemas centrais e unitários. ABNT NBR 16401-2008.
- ABNT. 2005. Desempenho térmico de edificações. ABNT-NBR 15220-2005.
- ALAJMI, A. 2012. Energy audit of an educational building in a hot summer climate. *Energy and Buildings* 47:122-130.
- ASHRAE. 2017. Thermal environmental conditions for human occupancy. ANSI/ASHRAE Standard 55-2017.
- ASHRAE. 2016. Energy standard for buildings except low-rise residential buildings. ANSI/ASHRAE Standard 90.1-2016.
- ASHRAE. 2006. Energy conservation in existing building. ANSI/ASHRAE Standard 100-2006.
- ASHRAE. 2018. Standard for Commercial Building Energy Audits. ANSI/ASHRAE Standard 211-2018.
- BATLLE, Eric Alberto Ocampo. 2015. Modelo de Gestão Energética para a Diminuição do Consumo Energético e Impactos Ambientais de Instituições de Educação Superior “IES”: Estudo de Caso Universidade Federal de Itajubá. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2015.
- BARBOSA, M. J.; WEILLER, G. C. B.; LAMBERTS, R. 2007. Disposição dos equipamentos para medição da temperatura do ar em edificações. *Ambiente Construído* 48: 89–108.
- BRASIL. Presidência da República Federativa do Brasil. 2018. Lei nº 13.589 de 04 de janeiro de 2018. Dispõe sobre a manutenção de instalações e equipamentos de sistemas de climatização de ambientes. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. Legislação. Brasília, [200-]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/lei/113589.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/113589.htm)

- CBCS; MITISIDI Serviços e Projetos LTDA. 2016. Guia Diagnóstico Energético em Edificações. São Paulo: CBCS; MITISIDI.
- COSTA, Clécio. 2016. Um estudo sobre adaptações para redução do consumo de energia elétrica em sistemas de ar condicionado. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.
- GOOGLE MAPS. 2020. Mapa – CEFET-MG Campus II. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/place/CEFET-MG++Campus+II/@-19.93906,-44.0013652,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0xa6965ceade4c53:0x4980bb6236578f78!8m2!3d-19.93906!4d-43.9991765>
- INMET. 2020. Rede de Estações - Estações Automáticas - Estação: Belo Horizonte - Pampulha-A521 - Código OMM: 86800.Brasília, [201-]. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>
- ISO. 1998. Ergonomics of the thermal environment - Instruments and methods for measuring physical quantities. ISO 7726-1998.
- PEREIRA, C. D.; MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R.; GÜTHS, S.; GHISI, E. 2017. Avaliação experimental do espectrômetro Alta II e sua aplicação na normatização brasileira. Ambiente Construído 17 (4): 197-213.
- PÓVOA, M. C. B. L. 2014. Fatores de influência na Eficiência Energética. Monografia (Graduação) - Engenharia Elétrica da Escola Politécnica. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).
- RAHMAN, M. M.; RASUL, M. G.; KHAN, M. M. K. 2010. Energy conservation measures in an institutional building in sub-tropical climate in Australia. Applied Energy 87: 2994–3004.
- SAGOI, J. M.; RAMOS, G.; LAMBERTS, R. 2010. Análise das medições de absorvância através do Espectrômetro alta II. In: XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC) 1-9.
- SINFRA. 2016. As Built dos Prédios 6 e 7. Belo Horizonte: CEFET MG.

## BENEFITS OF ENERGY AUDIT IN BUILDING HVAC SYSTEMS

**Abstract.** *The energy audit in Brazil is still not common in public school buildings. This process allows evaluating building standard conformities, operational systems performance, energy efficiency, and user satisfaction related to its indoor thermal comfort conditions. Thus, it is possible to verify the existing condition and propose energy efficiency measures, if applicable. The objective of this work was to evaluate, by energy audit, the air conditioning system performance and the comfort conditions provided on administrative spaces of the CEFET Departments of Electrical and Mechanical Engineering, in Belo Horizonte (Brazil). It was found that the ideal system load would be 44,0 kW, but the installed system is capable of delivering only 92% of the estimated. It was also found that the temperature setpoint was not reached in the months of September and October 2019, when the facilities were larger than the measurements. The results indicated standards nonconformities and inefficient maintenance procedures. Besides, strategies to enhance the air conditioning system efficiency were evaluated, such as improve the maintenance procedures and system retrofitting and also building thermal load reduction. The results obtained may assist decision making in future actions.*

**Keywords:** Energy audit, air conditioning system, thermal comfort, energy efficiency.