



Ação Ergonômica
Revista da Associação Brasileira
de Ergonomia - ISSN 1519-7859



"ENCIENDE EL VENTILADOR PROFESOR..."

UN ANÁLISIS POST-OCUPACIÓN DEL CONFORT TÉRMICO EN UN LABORATORIO

UNIVERSITARIO

Guilherme Fernando de Araújo

Universidad Federal de Uberlândia - Escuela Técnica de la Salud/ESTES
guilhermearaujo.unifei@gmail.com

RESUMEN

A lo largo de la historia del trabajo, el cuerpo humano se ha ido adaptando a los diferentes entornos de trabajo y a los cambios que se producían en él, creando sus propios mecanismos que proporcionaban una mejor sensación de confort térmico a estos ambientes. En la actualidad, se realizan diversas actividades en interiores que, a su vez, al estar mal diseñadas, generan problemas ergonómicos, mala iluminación y mal uso de la ventilación natural y artificial. Hoy en día, ya existe una preocupación por hacer cambios en los lugares de trabajo para que se adapten a sus usuarios. Por lo tanto, se hizo necesario invertir en investigación sobre el confort térmico. Por lo tanto, este artículo tiene como objetivo analizar el confort térmico en un laboratorio en las instalaciones de una universidad ubicada en la región Centro-Oeste de Minas Gerais, buscando identificar cómo el diseño de un espacio puede influir en la sensación térmica. Los resultados mostraron que las modificaciones sin análisis a priori en el ambiente en cuestión, incrementaron los puntos de no conformidad térmica en un 20%, estando fuera del rango de confort ($-0.82 < VME < 0.82$).

PALABRAS CLAVE: Confort Térmico, Ambiente de Trabajo, Laboratorio.

"TURN ON THE TEACHER FAN ..."

A POST-OCCUPATION ANALYSIS ON THERMAL COMFORT IN A UNIVERSITY LABORATORY

ABSTRACT

Throughout the history of work, the human body has been adapting to different working environments and the changes that occurred in it, creating its own mechanisms that provide a better feeling of thermal comfort to these environments. Currently, several activities are performed in closed environments that, in turn, being poorly designed, generate ergonomic problems, poor lighting and poor use of natural and artificial ventilation. Nowadays, there is already a concern to make changes in the workplaces so that they adapt to their users.

Therefore, it became necessary to invest in research on thermal comfort. Therefore, this article aims to analyze thermal comfort in a laboratory at the facilities of a university located in the Midwest region of Minas Gerais, seeking to identify how the design of a space can influence the thermal sensation. The results found showed that modifications without prior analysis in the environment in question, increased the points of thermal non-conformity by 20%, remaining outside the comfort range ($-0.82 < VME < 0.82$).

KEYWORDS: Thermal comfort; Workplace; Laboratory

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia del trabajo, el cuerpo humano se ha ido adaptando a los diferentes entornos de trabajo y a los cambios que se producían en él, creando sus propios mecanismos que proporcionaban una mejor sensación de confort térmico a estos ambientes. En la actualidad, varias actividades se realizan en interiores que, a su vez, al estar mal diseñadas, generan problemas ergonómicos, mala iluminación y mal uso de la ventilación natural y artificial (Sevegnani; Hijo; Silva, 1994).

Algunas actividades laborales están sujetas al uso de espacios con aire acondicionado contruidos artificialmente o mecanizados, proporcionando un "confort" relativo, para que puedan realizar sus actividades con el mejor rendimiento posible, adaptando y relacionando la sensación térmica con el bienestar en el trabajo, expresado por la satisfacción con el entorno organizacional (Leite, 2003).

Debido a la gran cantidad de actividades que se desarrollan en interiores, son importantes los estudios de confort térmico, que buscan ofrecer pautas que satisfagan al hombre en todos los ambientes (Andreasi, 2009), que, según Batiz et al., (2009), es la búsqueda intuitiva del sentimiento natural de ser del hombre.

De acuerdo con Frota y Schiffer (2001), se sabe que el hombre tiene mejores condiciones de salud y rendimiento con la máxima capacidad cuando el cuerpo trabaja sin estrés ni fatiga térmica, evidenciando la necesidad de desarrollar estudios que aborden el tema. También afirman que es parte del objetivo de la arquitectura proporcionar condiciones térmicas que sean compatibles con el confort térmico, permitiendo que se produzcan intercambios de calor entre el cuerpo humano y el medio ambiente, sin gran esfuerzo por parte de los individuos.

Así, la investigación busca analizar y establecer las condiciones necesarias para evaluar y diseñar un ambiente adecuado para las actividades y ocupaciones humanas, así como establecer métodos que permitan realizar un análisis térmico más detallado. Los estudios se basan en la satisfacción del hombre con estar en un ambiente térmicamente confortable, el rendimiento humano y también la conservación de la energía, debido a la mecanización e industrialización de la población actual (Lamberts, 2011).

Por lo tanto, el siguiente estudio tiene como objetivo analizar el confort térmico en un laboratorio en las instalaciones de una universidad ubicada en la región Centro-Oeste de Minas Gerais, después de la ocupación del espacio, buscando identificar cómo la concepción puede influir en la sensación térmica, considerando las ventilaciones naturales y artificiales.

Según la *Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado* (ASHRAE), el confort térmico es el estado de ánimo que expresa la satisfacción del hombre con el ambiente térmico que le rodea como resultado de la combinación satisfactoria de temperaturas que le rodean (Lamberts, 2014).

Para Ruas (1999), las primeras consideraciones para el establecimiento de criterios de confort térmico se hicieron a principios del siglo XX. Los estudios demuestran que el confort está relacionado con el equilibrio térmico del cuerpo humano y que involucra factores personales y ambientales.

De acuerdo con Frota y Schiffer (2001), el bienestar de las personas en los entornos en los que también se insertan en función del calor inducido por las máquinas y equipos utilizados durante el proceso realizado en la actividad laboral, la presencia de otras personas, la iluminación artificial y el calor solar.

Los estudios existentes no son suficientes para adoptar valores como adecuados para la población en general, ya que hay que considerar que las personas tienen percepciones diferentes y que las sensaciones son subjetivas. La percepción juega un papel importante al permitir que el individuo atribuya significados a las cosas, acciones y hechos (BATIZ et al., 2009).

Según la norma ISO 7730/94, la combinación de varios factores es el principal determinante de la sensación de confort o confort térmico (Oliveira et al., 2010). Por lo tanto, el bienestar depende de factores que interfieren en el funcionamiento del sistema termorregulador; indisposición e insuficiencia en el trabajo, puede conducir a un aumento en la probabilidad de accidentes (Ruas, 1999; 2001).

Desde el punto de vista de la enseñanza, es importante destacar que la atención tiene un papel importante en la comprensión y el aprendizaje, por lo que es vital analizar los factores que pueden interferir, como el calor, el ruido, la mala iluminación, etc. "La atención es un proceso mental que permite a las personas concentrarse en un determinado estímulo o información relevante" (Batiz et al., 2009). También actúa como un requisito previo para el funcionamiento de procesos cognitivos complejos, ya que no es posible evaluar la percepción o cualquier otra actividad mental sin considerar los procesos de atención (Batiz et al., 2009).

Según Wargoeki et al. (2005), el aumento de la temperatura y la calidad del aire reducen el rendimiento en la enseñanza, influyendo negativamente en la capacidad de aprendizaje. También se identifica que muchos estudios no consideran todas las variables térmicas, ya que muchos evalúan solo la temperatura del aire, lo que influye en sus resultados (Batiz et al., 2009). Según Lorsch y Abdou (1994, apud Andreasi, 2009) mejores condiciones térmicas aumentan la productividad y el rendimiento humano.

Como se evidenció anteriormente, algunas variables, asociadas a la actividad realizada, influyen en nuestro confort térmico, determinando si existe confort o malestar. Las variables se dividen en dos grupos que se presentan a continuación: variables ambientales y variables humanas.

Variables ambientales: Temperatura del aire (t_a) o Temperatura de bulbo seco (T_b): Cuando la temperatura es inferior a la de la piel, se produce la eliminación del calor por convección. Si la temperatura del aire es más alta que la de la piel, dará calor al cuerpo; Temperatura radiante media (t_{rm}): Es uniforme en un entorno imaginario en el que el intercambio de calor por radiación es igual al entorno no uniforme real; Humedad relativa (HR): Proporciona la cantidad de vapor de agua en el aire en relación con la cantidad máxima que puede contener a una temperatura determinada. e Velocidad relativa del aire (v_r): La velocidad del aire altera los intercambios de calor por convección y evaporación (Lamberts, 2014; Ruas, 1999).

VARIABLES HUMANAS: Tasa metabólica: Es a través del metabolismo que el cuerpo adquiere la energía necesaria. La liberación de esta energía varía según la actividad muscular; Ropa utilizada: Impone una resistencia térmica, como si fuera una barrera al intercambio de calor, entre el cuerpo y el medio ambiente (Lamberts, 2014).

Una vez establecida la relación entre el malestar térmico, la pérdida de productividad de los trabajadores y la insatisfacción con el ambiente laboral, se hizo necesario realizar estudios para establecer medidas correctivas y/o preventivas en los proyectos de los espacios de trabajo, buscando adaptarlos a las necesidades de sus usuarios. Los primeros estudios aparecieron en la Evaluación Post-Ocupación de los años 70 (Nogueira et. Al., 2005) y muestran que:

Las concepciones modernas de organización y producción, generadas por la globalización, han traído nuevas preocupaciones, que se han convertido en nuevos temas de estudio relacionados con el confort ambiental, como la eficiencia energética, la salud ocupacional y la productividad (Lamerts et al., 1997, apud Nogueira; Duarte y Nogueira, 2005, p.39).

La Evaluación Post-Ocupación (POE) es un proceso sistematizado y riguroso en el control de la calidad de los ambientes después de un tiempo de su construcción y ocupación, y su principal característica es la participación de los usuarios en el proceso de análisis (Rheingantz et. al., 2006). Los resultados de los análisis se basan en el cruce de la información de los usuarios con los informes técnicos en la interpretación de las respuestas (Filho, 2008).

También es una metodología que ya se aplica en los países desarrollados y se centra en los ocupantes del entorno y sus necesidades. A partir de ahí, se elaboran ideas sobre las consecuencias del proyecto en el edificio (Rheingantz; Cosenza y Lima, 2006).

Una práctica eficiente en el control de la calidad del medio ambiente, alimentando los proyectos con nueva información y que puede ser utilizada para identificar problemas ergonómicos, constructivos, estéticos y de confort en un ambiente en uso. Esto permite encontrar soluciones que puedan minimizar los problemas y proporcionar un mayor confort a los usuarios (Ferraz, 2010). De acuerdo con Rocha (2007), las investigaciones en POE priorizan el uso, mantenimiento y operación del espacio desde la perspectiva del usuario, siendo recurrentes para evaluar el desempeño de los ambientes construidos.

Los principios generales de la Evaluación Post-Ocupación abarcan dos ámbitos: la intervención sobre el entorno construido, minimizando o eliminando los problemas planteados y potenciando los aspectos positivos evidenciados por los usuarios, contribuyendo al mantenimiento y mejora de la calidad de vida en un determinado espacio construido; el ámbito informativo, a partir de la creación de bases de datos, sistematización de resultados, a partir de las encuestas realizadas (gráficos, tablas) (Rocha, 2007, p.9).

Así, el POE puede ser un método eficiente para el desarrollo y proceso de un entorno, basado en el uso del conocimiento previo sobre las necesidades de los usuarios y la identificación temprana de los niveles de satisfacción (Rheingantz; Cosenza y Lima, 2006).

2. MÉTODOS

Se siguió el modelo de Fanger (apud Ruas, 1999), donde creó un Diagrama de Confort, con la ayuda de computadoras, para determinar las diversas combinaciones de variables que proporcionan confort. Para completar la evaluación, también se creó un criterio denominado Voto Promedio Estimado (VME) para conocer el malestar de la población analizada.

Este método clasifica el ambiente en siete percepciones sensoriales diferentes: -3 (muy frío), -2 (frío), -1 (ligeramente frío), 0 (confort), +1 (ligeramente caliente), +2 (calor) y +3 (muy caliente) (Ruas, 2001).

Debido a la complejidad que supone el cálculo del VME, la norma ISO 7730 (1994) aporta, además de la fórmula, un conjunto de tablas que facilitan su obtención. Esto es posible gracias a la combinación de diversos factores ambientales y personales, que permiten determinar la sensación térmica de un determinado grupo (Ruas, 2001).

La norma también muestra cómo calcular un índice del porcentaje de personas insatisfechas con el medio ambiente (PPD) y presenta un gráfico que se puede utilizar para determinarlo. La aplicación del método adoptado por la norma internacional permite verificar si el ambiente se ajusta a las condiciones aceptables de confort térmico, establecer mayores límites de aceptabilidad en ambientes donde esto sea posible y proporcionar combinaciones de variables que permitan la sensación de neutralidad térmica (Lamberts, 2011).

Los estudios muestran que existen diferencias en la aplicación de los métodos existentes para la evaluación del confort térmico, lo que requiere un factor de corrección. Surgió un nuevo modelo propuesto por Humphreys y Nicol (2002) y Fanger y Toftum (2002) denominado "método adaptativo" (Andreasi, 2009).

Teniendo en cuenta que las personas tienen diferentes percepciones térmicas, que las sensaciones son subjetivas y que no es posible complacer al 100% de la población estudiada, el valor final del EMV debe estar entre -0,82 y 0,82 para poder decir que el ambiente se considera térmicamente confortable para al menos el 80% de las personas presentes en el entorno (Ruas, 1999).

Por lo tanto, estas normas buscan proporcionar información, orientación y recomendaciones sobre cómo considerar la adaptación de las personas al medio al evaluar y diseñar edificios, sistemas y entornos de trabajo (Lamberts, 2011).

Para aplicar el método y estimar la sensación térmica de las personas que utilizan el espacio a analizar, necesitamos (en base a la norma ISO 7730/1994): Definir el lugar de estudio; Inspeccionar las características del sitio de estudio; Conocer el tipo de ropa utilizada; Saber qué tipo de actividad se realiza en el sitio en estudio; Divida el área ocupada en cuadrados iguales; y Establezca los puntos de medición en el centro de estos cuadrados.

Con esta información, realizaremos mediciones de temperaturas y velocidades relativas del aire. Las medidas deben tomarse a 0,60 m del suelo para las personas sentadas y a 1,10 m del suelo para las personas de pie. La medición de la temperatura del aire se puede realizar utilizando termómetros de mercurio, termómetros de resistencia o termopares. La temperatura radiante media se mide utilizando el termómetro de globo (tg) (también se puede utilizar para medir la temperatura del aire). Y la velocidad del aire se mide utilizando el termoanemómetro con capacidad para medir velocidades del orden de 0,05 m/s.

Después de las mediciones, debemos organizar los valores encontrados en una tabla (**Tabla 1**) en la que las tres primeras columnas contienen los valores encontrados durante las mediciones. Después de rellenar las primeras columnas, se calculó el EMV para $trm = ta$ utilizando los valores de la tabla de grado de actividad física según la actividad realizada. Para algunos valores VME es necesario hacer doble interpolación lineal, para otros basta con utilizar el valor establecido en las tablas. A continuación, se muestran las fórmulas de doble interpolación (iii) utilizadas y un modelo de la tabla a utilizar para organizar los cálculos (Ruas, 1999): Inicialmente, se interpola en $z = f(x, y)$, obteniendo la ecuación (i)

$$f(x_{j-1}, y_c) = f(x_{j-1}, y_{l-1}) + \frac{y-y_{l-1}}{y_{j-1}-y_{l-1}} [f(x_{j-1}, y_{j-1}) - f(x_{j-1}, y_{l-1})] \quad (i)$$

Posteriormente, se debe interpolar en $z = f_c(x_j, y)$, obteniendo la ecuación (ii)

$$f_c(x, y) = f_c(x_{j-1}, y) + \frac{y - y_{j-1}}{y_j - y_{j-1}} [f_c(x, y_j) - f_c(x, y_{j-1})] \quad (ii)$$

Finalmente, al asociar las ecuaciones (i) y (ii), se obtiene una interpolación lineal doble en

$$z = f_c(x, y) = f_c(x_{j-1}, y) + \frac{x - x_{j-1}}{x_j - x_{j-1}} [f_c(x_j, y) - f_c(x_{j-1}, y)] \quad (iii)$$

Como los valores de VME corresponden a la condición en la que $trm = ta$, es necesario corregirlos. Para esta corrección, necesitamos los valores obtenidos de los gráficos $\Delta VME/^\circ C$ trm establecidos por la norma para el tipo de actividad objeto de estudio, en función del aislamiento térmico de la ropa y de la velocidad del aire (m/s). Con estos valores rellenamos la columna 5 de la tabla y, así, realizamos los cálculos de la primera corrección multiplicando el columna 2 por la columna 5 y el resultado está en la columna 6. Terminando la corrección para encontrar el VME_{real}, añadimos los valores de la columna 4 (valores obtenidos inicialmente) con el valores de la columna 6 y llenamos la columna 7 con los resultados.

Según lo definido por FUNDACENTRO, se analizan los valores obtenidos en la columna 7 para verificar que estén entre -0.82 y 0.82, que son los valores considerados ideales para el confort térmico de al menos el 80% de las personas en el recinto. A partir de los resultados, evaluaremos si el ambiente presenta condiciones de confort térmico o si necesitamos hacer modificaciones para que se logre el confort.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El primer paso fue determinar el lugar donde se tomarían las mediciones. En conversaciones informales con algunos docentes, se recomendó llevarlas a cabo en un laboratorio de Hidráulica y Neumática. El espacio en estudio fue realizado en mampostería, no tiene ventanas, cuenta con una sola puerta y máquinas y equipos que emiten calor y ruido durante su funcionamiento. Se estableció a través del análisis que la actividad del empleado se caracteriza por como sedentario ($58 \frac{W}{m} - 1met$) y aislamiento térmico de prendas ligeras (0,5 clo) (Lamberts, 2011; Ruas, 1999, p. 16-30).

A continuación, el espacio se dividió en 10 puntos uniformes distintos para realizar las mediciones de temperatura y velocidad del aire, por la tarde, entre las 14 y las 17 horas, utilizando un anemómetro digital TAFR-180 y un termómetro de globo TGD-400. El procedimiento se realizó dos veces, una con la puerta abierta y otra con la puerta abierta y el ventilador encendido (condiciones de uso frecuentes según los ocupantes del lugar).

A continuación se muestra un croquis del laboratorio con los puntos demarcados y dos tablas (**Tablas 2 y 3**) con los datos recogidos durante la medición.

Después de la recolección de datos, se pudieron realizar cálculos para llegar a los parámetros necesarios de qué medidas de control se deben adoptar en el ambiente de trabajo (**Tablas 4 y 5**). Los cálculos se realizaron con la ayuda del programa Excel y en la siguiente tabla se presentan los resultados finales obtenidos para ambas situaciones.

De acuerdo con los valores encontrados, observamos que dos de los diez puntos evaluados en el primer análisis (ambiente sin ventilador) presentan valores fuera del límite adecuado (-0,82

< VME < 0,82) de confort térmico, representando el 20% del total.

En la segunda situación analizada, a pesar de que el entorno cuenta con ventilador, se observa que cuatro de los diez puntos no cumplen con el límite especificado ($-0,82 < VME < 0,82$), lo que representa el 40% del total.

El resultado, aparentemente contradictorio, demuestra la ineficacia de la aplicación de una Metodología de control del confort térmico, sin un análisis a *priori en profundidad*, ya que la modificación adoptada puede empeorar la situación en lugar de mejorarla. Este hecho se evidencia por el empeoramiento del ambiente con el ventilador encendido, correspondiente a un aumento del 20% en los puntos de incumplimiento, de la primera a la segunda situación.

Cabe mencionar que las mediciones se realizaron durante el otoño, un período en el que las temperaturas son más suaves en algunos lugares. Y, también, que las molestias pueden deberse a las bajas temperaturas. Este hecho se ve corroborado por el hecho de que se ha superado el límite inferior del límite ($EMV < -0,82$).

Los resultados obtenidos indican que el sistema de ventilación existente no es eficaz para mantener el confort térmico en todos los puntos del ambiente, y es necesario adoptar medidas de control para revertir los datos no conformes. La adopción de estas medidas debe hacerse a través de futuros estudios que definan un sistema de ventilación que sea capaz de proporcionar confort térmico en estos puntos sin causar ninguna perturbación en los puntos que ya cumplen con los requisitos de satisfacción térmica.

La necesidad de mejoras también se justifica con base en lo establecido en la NR 17, que exige que las condiciones ambientales del trabajo sean adecuadas a las características psicofisiológicas de los trabajadores y a la naturaleza del trabajo a realizar, evitando así tanto molestias como pérdida de productividad.

Con el fin de buscar alternativas para resolver las no conformidades, podemos sugerir algunas posibles soluciones. Por ejemplo, la instalación de ventanas en el ambiente para poder aprovechar la ventilación natural, y como hemos visto que el ventilador presente no es totalmente efectivo, podemos instalar ventiladores de techo, con regulación de velocidad, para que la ventilación sea uniforme en todo el ambiente y ofreciendo opciones para los días más calurosos y los días más fríos.

También debemos recordar que cualquier modificación a realizar debe someterse a estudios de validación para verificar su eficiencia, buscando siempre asegurar las mejores condiciones ambientales para sus empleados y todos los usuarios del entorno.

4. CONCLUSIONES

El presente estudio se enfocó en cumplir con el objetivo inicial, evaluar el confort térmico de un ambiente, buscando identificar cómo el diseño del espacio puede influir en la sensación térmica y las posibles medidas a considerar para obtener un mejor ambiente para sus usuarios.

Encontramos que, aunque las mediciones no ocurrieron en el período más caluroso del año, obtuvimos un número significativo de valores no conformes. Esto se debió a que el incumplimiento también se produce cuando hay bajas temperaturas. En la primera situación, obtuvimos dos puntos no conformes y en la segunda hubo cuatro puntos, lo que demuestra que la modificación realizada (inserción del ventilador) no es eficiente para controlar la no conformidad. Uno de los puntos inicialmente no conformes (punto 5) pasó a ser conforme, pero otros puntos pasaron a ser no conformes.

Los datos también muestran que la situación podría ser más crítica, debido al diseño del entorno y si el estudio se hubiera realizado en periodos más cálidos o más fríos, en situaciones extremas. Podemos decir que el lugar necesita ajustes, por lo que hemos propuesto algunas modificaciones a realizar, pero que necesitan ser validadas en futuros estudios para que podamos verificar la factibilidad de dichos ajustes.

Para complementar el estudio y comparar, podríamos haber realizado mediciones en diferentes épocas del año. Durante el verano, calor intenso en la región, durante el otoño como se llevó a cabo (período de transición) y también durante el invierno, con bajas temperaturas. Sería importante que comprobáramos cómo se comporta el ambiente bajo diferentes temperaturas y situaciones, incluso para comprobar si las modificaciones sugeridas serían eficientes para todo el año.

Como vimos anteriormente, la comodidad o malestar de los usuarios de un entorno puede influir en el rendimiento y la satisfacción laboral, de forma negativa o positiva. En caso de una mayor satisfacción, podemos, como resultado, aumentar el rendimiento, reducir los costos de producción, el ausentismo y la rotación y aumentar la calidad de los productos. En el caso de la educación, proporcionar confort térmico significa aumentar la capacidad de concentración en la mayoría de los estudiantes, aumentando su rendimiento e interés en los temas tratados en el aula. Todos estos factores nos muestran la importancia y justificación de las inversiones en confort térmico.

5. REFERENCIAS

Andreasi, W. A. (2009). Método para avaliação de conforto térmico em região de clima quente e úmido do Brasil.

Batiz, E. C. et al. (2009). Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória. *Produção*, Joinville, v. 19, n.3, p. 477-488, Set/Dez.

Ferraz, E. O. (2010). Avaliação pós ocupação: estudo de caso em condomínio habitacional na cidade de Feira de Santana.

Filho, E. D. F. M. (2008). Avaliação Pós Ocupação com Ênfase em Conforto Ambiental em Edifício Residencial projetado pelo Arq. Niemeyer: o Caso do edifício Montreal em São Paulo – SP.

Frota, A. B., & Schiffer, S. R. (2001). *Manual de Conforto Térmico*. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel.

Lamberts, R. (2011). *Conforto e stress térmico*.

Lamberts, R. (2014). *Desempenho térmico em edificações: conforto térmico*.

Leite, B. C. C. (2003). Sistema de Ar Condicionado com Insuflamento pelo piso em ambientes de escritórios: avaliação do conforto térmico e condições de operação.

Nogueira, M. C. D. J. A.; Duarte, L. C., & Nogueira, J. D. S. (2005). Conforto Térmico na Escola Pública em Cuiabá - MT: Estudo de Caso. *Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient.*, p. ISSN 1517-1256, Volume 14.

NR, Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. (2009). NR-17 - Ergonomia.

Oliveira, G. S. J. F. D. et al. (2010). Conforto térmico no ambiente de trabalho: avaliação das variáveis subjetivas da percepção do calor. VII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia.

Perissinotto, M. et al. (2009). Conforto térmico de bovinos leiteiros confinados em clima subtropical e mediterrâneo pela análise de parâmetros fisiológicos utilizando a teoria dos conjuntos fuzzy. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 39, n 5, p. 1492-1498, Agosto. ISSN ISSN 0103-8478.

Rheingantz, P. A.; Cosenza, C. A., & Lima, H. C. E. F. R. (2006). Avaliação pós-ocupação.

Rocha, M. V. M. (2007). Avaliação pós-ocupação de edifício institucional estruturado em aço. O caso da sede da prefeitura municipal de Mariana, MG.

Ruas, Á. C. (1999). Conforto Térmico nos Ambiente de Trabalho. [S.l.]: FUNDACENTRO.

Ruas, Á. C. (2001). Avaliação de Conforto Térmico: Contribuição à aplicação prática das normas internacionais.

Sevegnani, K. B.; Filho, H. G., & Silva, I. J. O. D. (1994). Comparação de vários materiais de cobertura através de índices de conforto térmico. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 51, p. 01-07, Janeiro/Abril.

Wargocki, P. et al. (2005). The effects of classroom air temperature and outdoor air supply rate on performance of school work by children. *Proceedings of Indoor Air 2005, the 10th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*. Beijing: [s.n.]. p. 368-372.

MESAS

Tabla 1 – Tabla utilizada para registrar los datos de campo

	1	2	3	4	5	6	7
Puntos de medición	t_{el} (°C)	Δ trm – t_{el} (°C)	v_r (m/s)	VME trm = t_{el}	Δ por cientos/°C TRM ⁻¹ (°C ⁻¹)	Δ VME (2x5)	VME ^{real} (4+6)

Tabla modelo para la recolección y almacenamiento de datos según Fundacentro desarrollado por Ruas, 1999. Temperatura del aire (t_a) o temperatura de bulbo seco (T_{bs}): Cuando la temperatura es inferior a la de la piel, se produce la eliminación del calor por convección. Si la temperatura del aire es más alta que la de la piel, dará calor al cuerpo; Temperatura radiante media (trm): Es uniforme en un entorno imaginario en el que el intercambio de calor por radiación es igual al entorno no uniforme real; Humedad relativa (HR): Proporciona la cantidad de vapor de agua en el aire en relación con la cantidad máxima que puede contener a una temperatura determinada. e Velocidad relativa del aire (vr): La velocidad del aire cambia los intercambios de calor por convección y evaporación. Fuente: Ruas, 1999.

Tabla 2 – Recogida de datos con la puerta abierta

Puntos de recogida	Temperatura del Globo (°C)	Temperatura del aire Ambiente (°C)	Velocidad del aire (m/s)
1	21,80	26,90	0,00
2	21,60	26,70	0,00
3	21,60	26,90	0,00
4	21,50	26,50	0,00
5	21,10	25,70	0,00
6	21,60	26,80	0,10
7	21,50	26,60	0,10
8	21,60	26,80	0,40
9	21,20	26,00	0,00
10	21,30	26,10	0,00

Resultados obtenidos en las primeras mediciones. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3 – Recogida de datos con la puerta abierta y el ventilador encendido

Puntos de recogida	Temperatura del Globo (°C)	Temperatura del aire Ambiente (°C)	Velocidad del aire (m/s)
1	22,00	26,90	0,30
2	21,90	26,80	0,10
3	21,90	26,90	0,20
4	21,90	26,80	0,20
5	21,90	26,90	0,10
6	21,90	26,90	0,40
7	22,10	26,80	0,10
8	22,30	26,90	0,50
9	22,00	26,80	0,40
10	21,90	27,00	0,10

Resultados obtenidos por las segundas mediciones. Fuente: Autor

Tabla 4 – Resultados finales con la puerta abierta

	1	2	3	4	5	6	7
Puntos de medición	t_{el} (°C)	$\Delta_{trm - t_{el}}$ (°C)	v_r (m/s)	VME $trm = t_{el}$	Δ por cientos/°C TRM ⁻¹ (°C ⁻¹)	Δ VME (2x5)	VME ^{real} (4+6)
1	26,90	-5,10	0,00	0,38	0,17	-0,87	-0,48
2	26,70	-5,10	0,00	0,31	0,17	-0,87	-0,56
3	26,90	-5,30	0,00	0,38	0,17	-0,90	-0,52
4	26,50	-5,00	0,00	0,23	0,17	-0,85	-0,62
5	25,70	-4,60	0,00	-0,07	0,17	-0,78	-0,86
6	26,80	-5,20	0,10	0,28	0,16	-0,83	-0,55
7	26,60	-5,10	0,10	0,21	0,16	-0,82	-0,61
8	26,80	-5,20	0,40	-0,31	0,14	-0,73	-1,04
9	26,00	-4,80	0,00	0,04	0,17	-0,82	-0,78
10	26,10	-4,80	0,00	0,08	0,17	-0,82	-0,73

Temperatura del aire (ta) o temperatura de bulbo seco (Tbs): Cuando la temperatura es inferior a la de la piel, se produce la eliminación del calor por convección. Si la temperatura del aire es más alta que la de la piel, dará calor al cuerpo; Temperatura radiante media (trm): Es uniforme en un entorno imaginario en el que el intercambio de calor por radiación es igual al entorno no uniforme real; Humedad relativa (HR): Proporciona la cantidad de vapor de agua en el aire en relación con la cantidad máxima que puede contener a una temperatura determinada. e Velocidad relativa del aire (vr): La velocidad del aire altera los intercambios de calor por convección y evaporación.

Tabla 5 – Resultados finales con la puerta abierta y el ventilador encendido

	1	2	3	4	5	6	7
Puntos de medición	t_{el} (°C)	$\Delta_{trm - t_{el}}$ (°C)	v_r (m/s)	VME $trm = t_{el}$	Δ por cientos/°C TRM ⁻¹ (°C ⁻¹)	Δ VME (2x5)	VME ^{real} (4+6)
1	26,90	-4,90	0,30	-0,12	0,15	-0,73	-0,85
2	26,80	-4,90	0,10	0,28	0,16	-0,78	-0,51
3	26,90	-5,00	0,20	0,05	0,15	-0,76	-0,71
4	26,80	-4,90	0,20	0,01	0,15	-0,74	-0,73
5	26,90	-5,00	0,10	0,31	0,16	-0,80	-0,49
6	26,90	-5,00	0,40	-0,26	0,14	-0,70	-0,96
7	26,80	-4,70	0,10	0,28	0,16	-0,75	-0,47
8	26,90	-4,60	0,50	-0,37	0,14	-0,62	-1,00
9	26,80	-4,80	0,40	-0,31	0,14	-0,67	-0,98
10	27,00	-5,10	0,10	0,36	0,16	-0,82	-0,47

Temperatura del aire (t_a) o temperatura de bulbo seco (T_{bs}): Cuando la temperatura es inferior a la de la piel, se produce la eliminación del calor por convección. Si la temperatura del aire es más alta que la de la piel, dará calor al cuerpo; Temperatura radiante media (t_{rm}): Es uniforme en un entorno imaginario en el que el intercambio de calor por radiación es igual al entorno no uniforme real; Humedad relativa (HR): Proporciona la cantidad de vapor de agua en el aire en relación con la cantidad máxima que puede contener a una temperatura determinada. e Velocidad relativa del aire (v_r): La velocidad del aire cambia los intercambios de calor por convección y evaporación.