

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES TÉRMICAS: ESTUDO DE CASO DO LABORATÓRIO DE GEOTECNIA DA UEL

ANALYSIS OF THE THERMAL CONDITIONS: A CASE STUDY OF UEL'S GEOTECHNICS LABORATORY

Renan Felipe Braga Zanin¹

Alana Dias de Oliveira¹

Thalita Gorban Ferreira Giglio¹

José Luis Dalto¹

¹Universidade Estadual de Londrina

Resumo

Os ambientes acadêmicos exigem um alto nível de concentração para a realização das atividades. No entanto, esta condição pode ser prejudicada devido ao stress ou desconforto térmico. Além disso, a sobrecarga térmica pode resultar em problemas de saúde para as pessoas, como desidratação e exaustão. Portanto, este trabalho tem como objetivo a avaliação das condições térmicas do Laboratório de Geotecnia da Universidade Estadual de Londrina, a fim de se caracterizar o ambiente e propor medidas de controle. Para isso, foram utilizados índices de avaliação de calor indicados pelas Normas Regulamentadoras NR-15, para sobrecarga térmica, e NR-17, para conforto térmico, sendo eles o Índice de Bulbo Úmido-Termômetro de Globo (IBUTG) e o Índice de Temperatura Efetiva Corrigida (TEC), respectivamente. Os resultados mostraram que o laboratório apresenta condição de insalubridade no verão, com um IBUTG acima do limite permitido pela norma. A TEC e a umidade relativa do ar também se encontram acima dos limites sugeridos pela norma. São sugeridas algumas medidas mitigadoras desse problema a fim promover um conforto térmico no ambiente.

Palavras-chave: calor; sobrecarga térmica; conforto térmico; ambiente acadêmico.

Abstract

Academic environments require a high level of concentration to carry out the activities. However, this condition can be hampered due to thermal stress or discomfort. In addition, thermal overload can result in health problems for people, such as dehydration and exhaustion. Therefore, this paper has as aim the evaluation of the thermal conditions of the Laboratory of Geotechnics of the State University of Londrina, in order to characterize the environment and propose control measures. For this, it was used heat evaluation indexes indicated by the Regulatory Standards NR-15, for thermal overload, and NR-17 for thermal comfort, being they the Wet-Bulb Globe Temperature (WBGT) index and Corrected Effective Temperature Index (CET), respectively. The results showed that the laboratory presents an unsanitary condition in the summer, with an WBGT above the limit allowed by the standard. The CET and the relative humidity of the air are also above the limits suggested by the standard. Measures and actions are suggested to have a thermal comfort in the environment.

Key-words: *heat; thermal overload; thermal comfort; academic environment.*

1. Introdução

Embora o corpo humano funcione como uma máquina térmica, se adaptando às mais diferentes temperaturas do ambiente, existem certos limites que influenciam na saúde e no conforto das pessoas. O agente físico calor pode causar o stress térmico, ocasionando diversos problemas ao indivíduo, tais como insolação, desidratação e choque térmico, colocando sua vida em risco. Este agente, aliado à velocidade e umidade relativa do ar, pode causar desconforto e atrapalhar o desempenho na realização das atividades das pessoas (BARBOSA FILHO, 2008).

Atividades desenvolvidas em ambientes acadêmicos, que exigem um nível de concentração alto, dependem principalmente das condições ambientais, desde adaptações nas edificações até substituição e isolamento de equipamentos, para melhor eficiência na execução das tarefas. Assim vem sendo realizados estudos neste tipo de ambiente, baseando-se nas Normas Regulamentadoras NR-15 (sobrecarga térmica) e NR-17 (conforto térmico), para avaliação das condições térmicas a que alunos e professores estão submetidos.

Assim, este trabalho visa à caracterização do ambiente do Laboratório de Geotecnia da UEL, avaliando as condições térmicas a que os alunos e professores estão expostos, por meio dos índices IBUTG e TEC, e propondo medidas que minimizem o problema do ambiente. A motivação para a realização deste estudo se deve por relatos de alunos e professores sobre a baixa qualidade das condições térmicas do laboratório, acarretando prejuízo para o aprendizado e realização das atividades.

2. Revisão bibliográfica

Efeitos do calor excessivo no corpo humano

O excesso de calor pode afetar diretamente o corpo humano, refletindo no rendimento do seu trabalho. Altas temperaturas tendem a diminuir a velocidade na realização das tarefas e aumentar a necessidade de intervalos na atividade, além de aumentar os riscos de acidentes e erros no trabalho (MARTINS, 2005). O corpo humano possui mecanismos para impedir a hipertermia (aumento da temperatura interna) e assim, manter a temperatura corporal constante. Estes mecanismos são (SALIBA, 2010):

- Vasodilatação periférica: aumentando a dilatação dos vasos sanguíneos da pele e assim, favorecendo a troca de calor por convecção;
- Ativação das glândulas sudoríparas: gerando suor e favorecendo a troca de calor por evaporação.

Segundo Saliba (2010), quando estes mecanismos citados não são suficientes para manter a temperatura em torno de 37°C, o corpo sofre as seguintes consequências:

- Exaustão: com a vasodilatação dos vasos periféricos, há uma queda de pressão arterial devido à falta de irrigação sanguínea no córtex cerebral;
- Desidratação: devido à alta produção de suor e, conseqüentemente, perda excessiva de água, há uma diminuição do volume de sangue;
- Câimbras: como há perdas de sais minerais pelo suor, a falta destas substâncias no organismo pode causar câimbras musculares;
- Choque térmico: quando a temperatura interna do corpo atinge um nível muito elevado, há comprometimento de tecidos e órgão vitais.

Legislações e normas vigentes

Norma Regulamentadora 15 – Atividades e Operações Insalubres (NR-15)

Esta norma brasileira, regulamentada pelo Ministério do Trabalho e Emprego em 1978, visa garantir as condições adequadas de salubridade dos ambientes de trabalho. Trata além da exposição ao calor, outros tipos de agente, como ruídos e produtos químicos (NEVES, BERNINI e EPICHIN, 2016).

O Anexo 3 da NR-15 discute especificamente sobre atividades que estão sob exposição ao calor. Neste anexo se encontram os limites de tolerância para cada tipo de atividade, através do Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo (IBUTG), indicando os parâmetros que, se não atendidos, caracterizam o ambiente como insalubre (BRASIL, 1978a).

Norma Regulamentadora 17 – Ergonomia (NR-17)

Segundo Brasil (1978b) esta norma brasileira visa estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, para proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente.

Também regulamentada pelo Ministério do Trabalho e Emprego, em 1978, a NR-17 estabelece recomendações ideais para variáveis ambientais que garantem o conforto térmico do ambiente, localizados no subitem 17.5.2 da norma (NEVES, BERNINI e EPICHIN, 2016).

2.2.3. Outras normas

Além das NR's, há outras normas que trazem procedimentos e critérios para a avaliação de possíveis exposições ocupacionais ao calor que podem prejudicar o bem-estar do trabalhador. As ISO, elaborada pela American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE), são Normas internacionais que estabelecem critérios e procedimentos para avaliação de condições térmicas (XAVIER, 1999).

A Norma de Higiene Ocupacional 6 – Avaliação da Exposição Ocupacional ao Calor (NHO06) desenvolvida pela FUNDACENTRO em 2002, pode ser usada como um complemento da NR-15, já que possui quadros mais detalhados de intervalos de valores de IBUTG e taxa metabólica, possibilitando uma adequação mais precisa das condições reais analisadas (NEVES, BERNINI e EPICHIN, 2016).

Índices de avaliação termo ambientais

De acordo com Coutinho (2011), o ambiente de trabalho pode ser classificado, do ponto de vista térmico, como frio, moderado e quente.

Os ambientes frios como, por exemplo, as câmaras frias, são locais em que o estresse térmico é causado devido a baixas temperaturas. Já os ambientes quentes, ao contrário, são locais que causam estresse térmico devido a altas temperaturas, como cozinhas industriais. Os ambientes moderados são definidos como locais com características térmicas intermediárias

em relação aos ambientes frios e quentes e que não causam estresse térmico, mas podem causar desconforto. Os ambientes com conforto térmico se encontram dentro dessa classificação (COUTINHO, 2011).

Este trabalho visa à análise do ambiente de trabalho como um local possivelmente quente ou moderado, por isso serão desconsideradas as análises feitas para ambientes frios.

Para se mensurar a temperatura em que o trabalhador está submetido é necessário que se faça uma análise do ambiente, já que a medição da temperatura corporal do indivíduo se torna inviável. Assim, focando-se no ambiente de trabalho, a medição do calor visa identificar se a temperatura interna do corpo poderá ultrapassar 37°C (SALIBA, 2010).

Existem diversos índices que são usados para correlacionar as variáveis ambientais, sendo os indicados pelas Normas Regulamentadoras o índice de bulbo úmido – termômetro de globo (IBUTG), para análise de ambientes quentes (NR-15), e o índice de temperatura efetiva (TE), para análise de ambientes moderados (NR-17) (COUTINHO, 2011).

Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo (IBUTG)

Normatizado no Brasil pelo Ministério do Trabalho e Emprego através da NR-15 (Anexo 3), este índice foi criado por Yaglow e Minard, em 1957, para analisar as condições térmicas em que o exército americano estava submetido, considerando a radiação solar, temperatura de globo, temperatura de bulbo úmido natural e do ambiente (LEITE, 2002).

O trabalhador está sempre submetido a duas cargas: mecânica e térmica. Isto quer dizer que durante a jornada de trabalho, o indivíduo realiza um esforço físico (mecânico) e recebe do ambiente, devido às variáveis climáticas, uma carga térmica (COUTINHO, 2011). A carga mecânica é indicada pela taxa metabólica M , em kcal/h, de acordo com cada atividade realizada, estimada por meio de quadro disponível no Anexo 3 da NR-15 (BRASIL, 1978a).

Já a carga térmica é dada pelo valor de IBUTG, em °C. Dependendo da situação do ambiente de trabalho, este índice é encontrado por meio de duas equações distintas, Equações 1 e 2 (BRASIL, 2002):

- Ambiente sem radiação solar direta:

$$IBUTG=0,7*tbn+0,3*tg$$

Equação 1

- Ambiente com radiação solar direta:

$$IBUTG=0,7*tbn+0,2*tg+0,1*tbs$$

Equação 2

Sendo:

tbn = Temperatura de bulbo úmido natural, em °C;

tg = Temperatura de globo, em °C;

tbs = Temperatura de bulbo seco, em °C.

Caso o trabalhador esteja exposto a mais de uma situação térmica em seu ambiente de trabalho, é necessário fazer uma média ponderada de todos os valores de IBUTG de cada situação. Em situações em que o trabalhador exerce mais de uma atividade durante sua jornada de trabalho, deve-se também encontrar a média ponderada de todas as taxas metabólicas (BRASIL, 2002).

Índice de Temperatura Efetiva (TE)

A avaliação dos ambientes moderados tem como objetivo estimar a média da satisfação ou insatisfação das pessoas. É uma análise relativamente subjetiva, pois pessoas em um mesmo ambiente e mesma situação de atividade e vestimenta podem ter sensações térmicas diferentes. A Sensação Térmica (ST) é dada segundo a Equação 3 (COUTINHO, 2011).

$$ST=f(M, Rv, tbs, tbn, V, trm)$$

Equação 3

Sendo:

M = Taxa metabólica, em kcal/h;

Rv = Resistência térmica das vestimentas, em clo;

tbs = Temperatura de bulbo seco, em °C.

tbn = Temperatura de bulbo úmido natural, em °C;

V = Velocidade do ar, em m/s;

trm = Temperatura radiante média, em °C.

Ainda, segundo Coutinho (2011) pode-se concluir que, caso alguma das variáveis se altere, outras podem ser modificadas para haver uma compensação e assim, manter a

constância da Sensação Térmica inicial. Assim, têm-se diversas combinações de variáveis com a ST se mantendo constante.

O Índice de Temperatura Efetiva é definido como uma grandeza empírica que combina três variáveis em relação ao ar: temperatura (temperatura de bulbo seco), umidade relativa (temperatura de bulbo úmido) e velocidade. Com estes valores em mãos, utiliza-se de um ábaco para se encontrar o valor de TE (MACINTYRE, 1990).

3. Materiais e métodos

Local de estudo

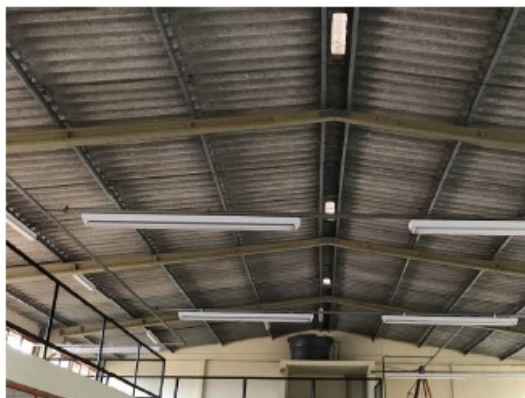
O Laboratório de Geotecnia está localizado no campus da Universidade Estadual de Londrina, ao lado do Departamento de Engenharia Elétrica e em frente ao Laboratório de Hidráulica e Saneamento. Este local pertence ao grupo de laboratórios do Centro de Tecnologia e Urbanismo (CTU), e nele são ministradas aulas práticas da disciplina de Mecânica dos Solos do curso de Engenharia Civil.

O laboratório possui uma área total de 404,25 m², no pavimento térreo, e de 211,53 m² no mezanino. A área térrea se divide em 16 ambientes, com destaque para a área do salão, objeto de estudo deste trabalho.

A estrutura do laboratório é composta por pórticos pré-moldados em concreto e a vedação feita com alvenaria cerâmica. No salão, sala de técnicos e almoxarifado de equipamentos pesados não há lajes, assim como nas áreas do mezanino. No restante dos ambientes do térreo, há lajes de concreto armado de 10 cm de espessura.

Nos ambientes onde não há lajes, o pé direito alcança 6,65 m no ponto mais alto da cobertura, variando conforme a inclinação do telhado. Esta cobertura é composta por pórticos pré-fabricados e telhas de fibrocimento (Figura 1a). As paredes externas e internas possuem uma espessura acabada de 15 cm, feitas com blocos cerâmicos de 6 furos, e são revestidas internamente por chapisco e reboco, além de serem pintadas com cor clara (Figura 1b).

Figura 1 - Estrutura da cobertura e paredes internas



(a)



(b)

Fonte: Pesquisa de campo (2017)

Atividades desenvolvidas no ambiente

O Laboratório de Geotecnia é utilizado para o desenvolvimento de atividades práticas de Mecânica dos Solos para turmas do curso de graduação em Engenharia Civil. Durante o maior número das aulas, os alunos e professores permanecem no salão. Com base nos relatos de alunos e professores e na percepção das condições ambientais, o salão é o ambiente com pior condição térmica, local onde não há lajes e que possui o maior pé direito e área entre todos os locais do laboratório. Devido a isso, todo o estudo será feito neste ambiente.

Alunos

Os alunos permanecem sentados, durante metade do tempo da aula, e em pé em frente às bancadas do salão, durante a outra metade do tempo, exercendo atividades moderadas com as mãos e braços. Sendo assim, estas atividades podem ser classificadas, segundo o Quadro 1 da NHO-06, como:

- Sentado: Trabalho leve com as mãos (exs.: escrever, datilografar);
- Em pé: Trabalho leve em máquina ou bancada, principalmente com os braços.

Assim, segundo o mesmo Quadro 1, a taxa metabólica será de 105 kcal/h, para o primeiro caso, e 150 kcal/h, para o segundo caso.

Professores

Para a situação dos professores, que, durante metade do tempo, exercem a atividade em pé e em movimento, quando estão ministrando as aulas, e, na outra metade do tempo, em

pé em frente às bancadas, realizando movimentos com as mãos e braços, quando estão auxiliando os alunos, estas atividades podem ser classificadas, segundo o Quadro 1 da NHO-06, como:

- Em pé, em movimento: Andando no plano a 2 km/h;
- Em pé: Trabalho leve em máquina ou bancada, principalmente com os braços.

A partir desta classificação, tem-se os valores das taxas metabólicas das duas situações, 170 kcal/h e 150 kcal/h, respectivamente, obtidos também pelo Quadro 1 da NHO-06.

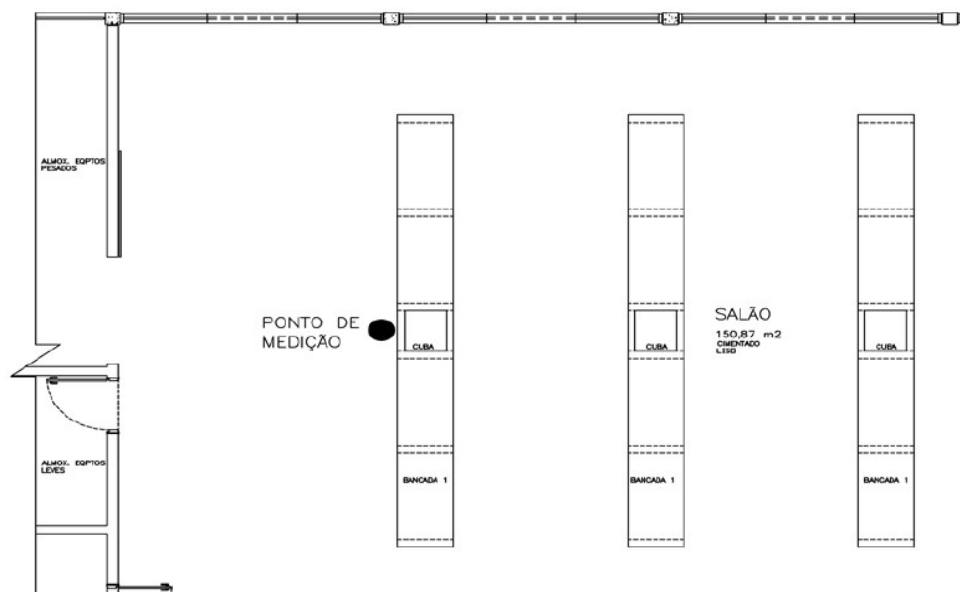
Sobrecarga térmica

Segundo as exigências da NR-15, os equipamentos que devem ser utilizados para obtenção dos dados para o cálculo do IBUTG são o termômetro de bulbo úmido natural, o termômetro de globo e o termômetro de bulbo seco. Neste trabalho foi utilizado um conjunto calibrado de Termômetro de Globo Digital do modelo TGD-200 (composto por Termômetro de globo, Termômetro de bulbo natural, Termômetro de bulbo seco, Display digital e Tripé).

As medições foram feitas no intervalo de 60 minutos mais crítico de cada um dos três períodos de aulas, segundo as recomendações da norma regulamentadora. Como o ambiente em questão não possui exposição direta à radiação solar, não foram coletados os valores de termômetro de bulbo seco para esta análise.

O conjunto foi posicionado no salão (ponto preto da Figura 2), a uma altura próxima ao do tórax dos indivíduos. Após a estabilização do conjunto, foram aferidos três valores de temperaturas dos dois termômetros (*t_{bn}* e *t_g*) a cada minuto, obtendo-se a média por minuto. Assim, através da Equação 1, calculou-se os valores de IBUTG para cada minuto do período analisado.

Figura 2 - Ponto de Medição



Fonte: Modificado de PROPLAN/UEL (2004)

Para o cálculo do IBUTG, pela Equação 11, foram medidos os valores de t_{bn} e t_g , de minuto a minuto, por uma hora. Como não haviam atividades no laboratório durante o verão, devido às férias letivas, foram feitas leituras no verão, sem a presença de pessoas, e no outono, durante os períodos de aula.

Devido ao período de férias letivas, o laboratório não teve atividades durante o verão, época mais crítica do ano. Por isso, foram feitas medições de temperaturas em duas estações diferentes: no verão, sem a presença de alunos e professores, e no outono, durante as aulas, com a presença das pessoas no ambiente.

Conforto térmico

Para a análise do conforto térmico do ambiente, a NR-17 não especifica métodos e equipamentos para a coleta de dados, apenas expõe os limites de TE, umidade relativa e velocidade do ar. Optou-se por considerar o índice de temperatura efetiva corrigida (TEC), já que este índice é mais preciso que o TE. Para isso, foram necessárias as coletas de temperatura de globo, temperatura de bulbo úmido, temperatura de bulbo seco e velocidade do ar.

As medições de t_g e t_{bn} ocorreram da mesma maneira descrita no item 3.3., para o índice IBUTG. Utilizou-se, inclusive, os mesmos valores de temperaturas para o cálculo dos dois índices. Para a coleta da temperatura de bulbo seco foi utilizado um data logger HOBO

U12 da marca Onset, suspenso aproximadamente no mesmo ponto e altura do conjunto de termômetros utilizado anteriormente.

A velocidade do ar foi obtida com o uso de um termoanemômetro de fio quente, modelo TAFR-190 da marca Instrutherm. A coleta foi realizada no mesmo ponto onde os outros equipamentos foram posicionados, também na altura do tórax dos indivíduos. Foram feitas medidas de velocidade a cada 15 segundos por um período de tempo de 5 minutos, segundo o manual da Fundacentro (BRASIL e RUAS, 1999).

4. Resultados e discussões

Taxa metabólica ponderada

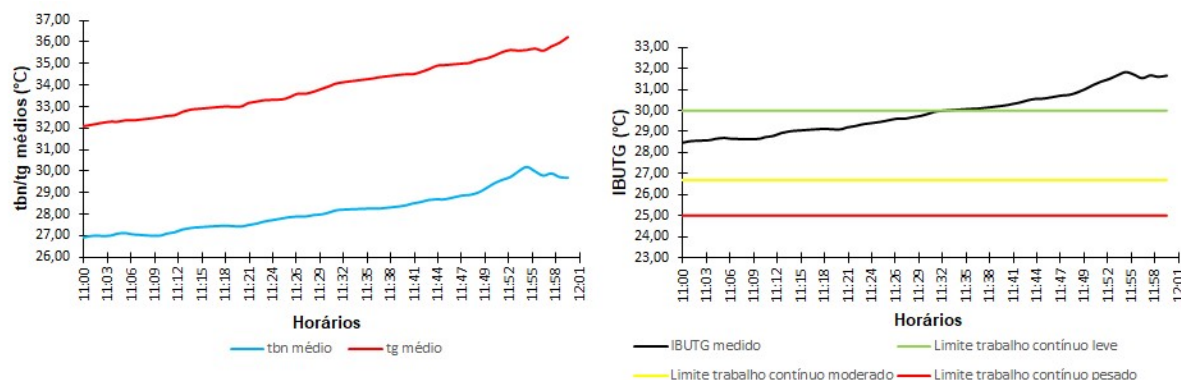
Considerando as características descritas das atividades desenvolvidas pelos alunos e professores, as taxas metabólicas ponderadas são: para os Alunos de 127,5 kcal/h e para os Professores de 160 kcal/h. De acordo com o Quadro 1 de taxas metabólicas por tipo de atividade da NR-15, os alunos exercem uma atividade considerada leve.

Já em relação à atividade exercida pelos professores, este quadro da NR não especifica um intervalo em que esta taxa metabólica se enquadra, já que o máximo valor para atividades leves é 150 kcal/h e o mínimo para atividades moderadas é de 180 kcal/h. Portanto, neste trabalho, a atividade exercida pelos professores será considerada moderada.

Sobrecarga térmica

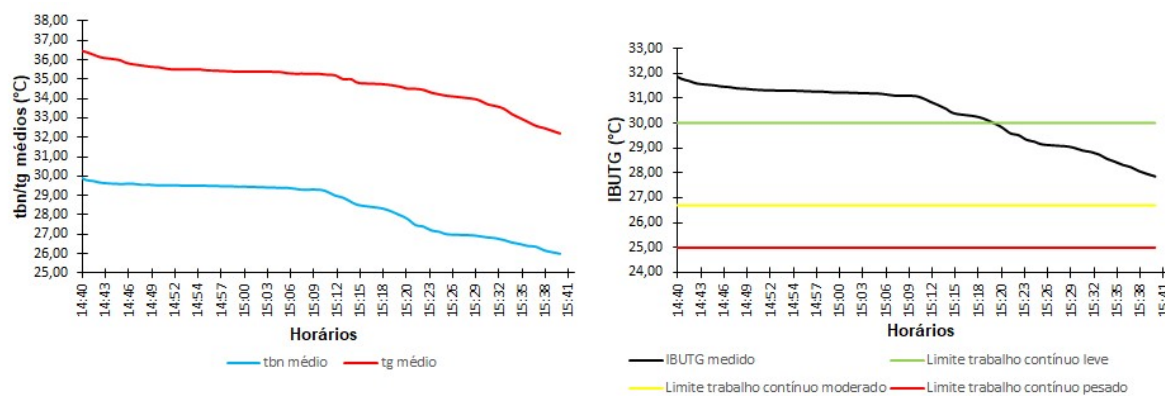
Os dados medidos foram avaliados para o período de verão, sem ocupação por pessoas e para o período de outono, durante a realização das aulas práticas. Os valores medidos na avaliação para o período de verão nos gráficos das Figuras 3 a 5, indicaram altos valores de t_g em relação ao t_{bn} . Isso se deve a alta quantidade de calor irradiado pela cobertura, mostrando a necessidade de alteração desta parte do laboratório.

Figura 3 – Gráficos de tbn, tg e IBUTG, no verão, durante o primeiro período de aula



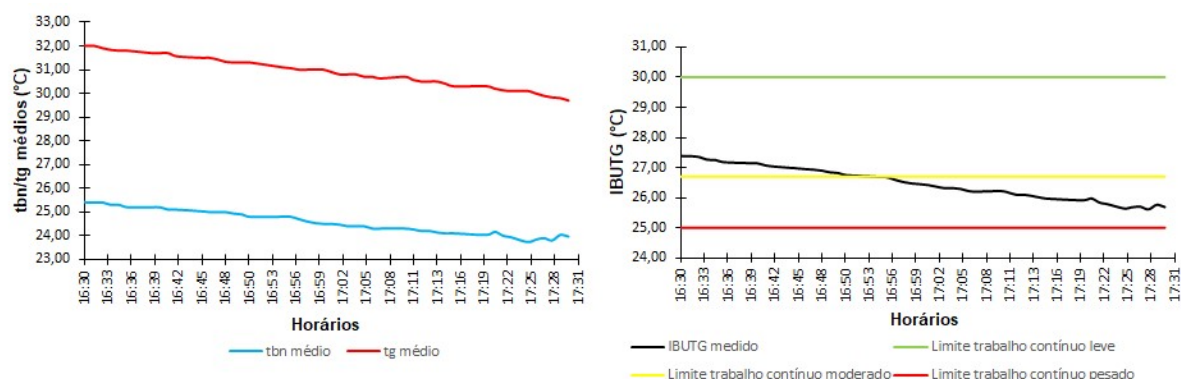
Fonte: Autoria própria (2017)

Figura 4 – Gráficos de tbn, tg e IBUTG, no verão, durante o segundo período de aula



Fonte: Autoria própria (2017)

Figura 5 – Gráficos de tbn, tg e IBUTG, no verão, durante o terceiro período de aula



Fonte: Autoria própria (2017)

Ainda pode-se notar dos gráficos que o IBUTG medido se encontra acima do limite para atividades moderadas e, no primeiro período de aula, acima do limite para atividades leves, com valor máximo de 31,83 °C, às 11 horas e 55 minutos do dia 23/02/2017. Sendo

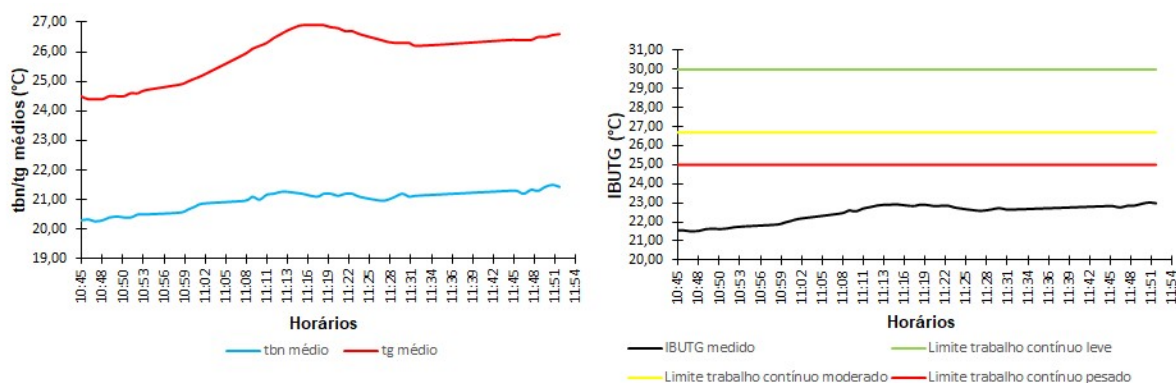
assim, conforme o Quadro 1 da NR-15, com esses valores de IBUTG medidos, os regimes de trabalho intermitente adequados, para alunos e professores, deveriam ser:

- Alunos: 15 minutos de trabalho e 45 minutos de descanso;
- Professores: Não é permitido o trabalho, sem a adoção de medidas adequadas de controle.

Este regime adequado para os alunos não é adotado no laboratório e para o caso dos professores, não há regime sugerido, sendo necessária a adoção de medidas de controle. Portanto, o ambiente é considerando insalubre para ambas as atividades desenvolvidas, no período do verão.

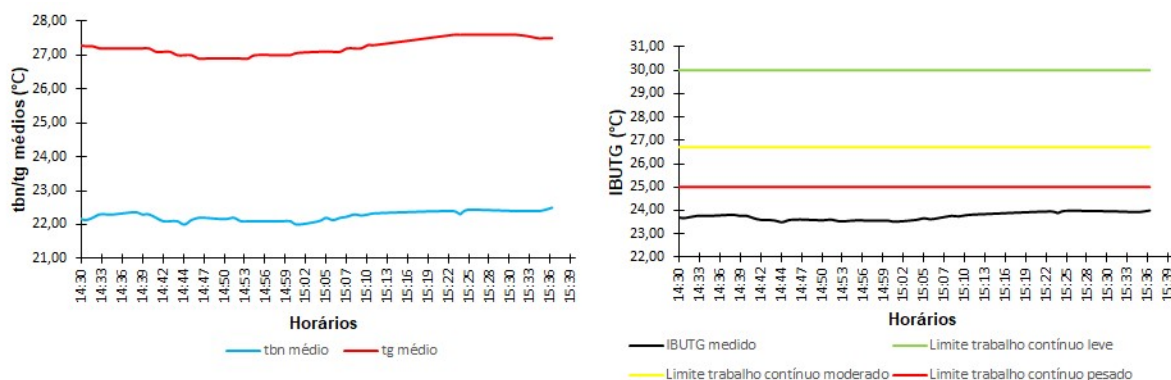
De acordo com os gráficos das Figuras 6 a 8, da mesma forma que na época do verão, no outono também se observa os altos valores de *tg* em relação ao *tbn*, também consequência da baixa eficiência térmica da cobertura. Também se nota dos gráficos que o IBUTG medido não ultrapassou nenhum limite admitido para qualquer tipo de atividade, sendo o valor máximo de 24,03 °C, às 15 horas e 23 minutos e 15 horas e 30 minutos do dia 11/05/2017.

Figura 6 – Gráficos de *tbn*, *tg* e IBUTG, no outono, durante o primeiro período de aula



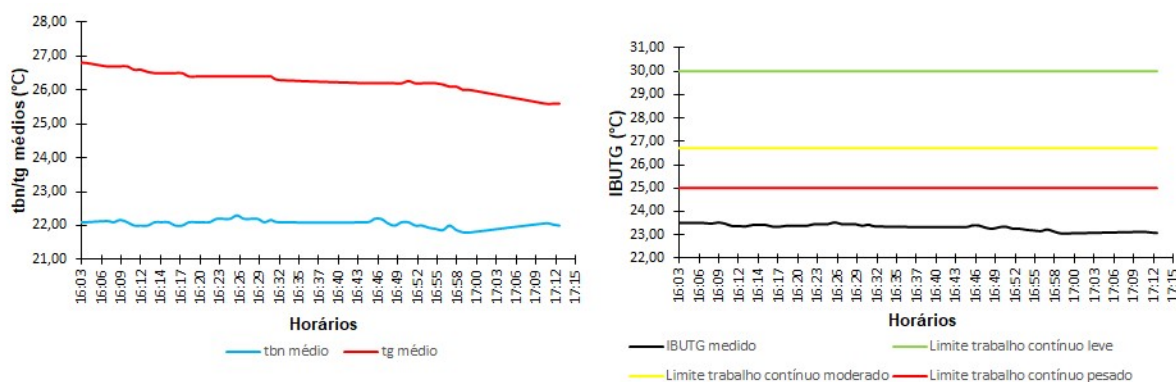
Fonte: Autoria própria (2017)

Figura 7 – Gráficos de tbn, tg e IBUTG, no outono, durante o segundo período de aula



Fonte: Autoria própria (2017)

Figura 8 – Gráficos de tbn, tg e IBUTG, no outono, durante o terceiro período de aula



Fonte: Autoria própria (2017)

Sendo assim, conforme o Quadro 1 da NR-15, com esses valores de IBUTG medidos, os regimes de trabalho intermitente adequados, para alunos e professores, deveriam ser:

- Alunos: Trabalho contínuo;
- Professores: Trabalho contínuo.

Este regime é o adotado no laboratório por alunos e professores, não sendo necessária a adoção de medidas de controle. Portanto, o ambiente é considerando salubre para as atividades desenvolvidas, no período do outono.

Segundo estes gráficos, a influência da presença de pessoas no ambiente e as atividades desenvolvidas, o que só ocorreu durante as medições de outono, não é tão relevante, já que o IBUTG deste período foi significativamente menor que no verão. Esta análise mostra novamente que o problema do laboratório está na edificação, principalmente na cobertura.

Conforto térmico

Os parâmetros de conforto térmico obtidos se encontram na Tabela 1.

Tabela 1 – Exemplo de tabela

$v_{\text{médio}}$ (m/s)	t_{bs} (°C)	t_{bn} (°C)	t_{g} (°C)	UR (%)
0,0255	21,72	20,57	24,90	77,36

Fonte: Autoria própria (2017)

Assim, pelo método descrito no item 3.4., obtém-se um valor de TEC de 23,50 °C.

De acordo com os limites estabelecidos pela NR-17, os valores de TEC e UR encontram-se acima do permitido. Portanto, a condição térmica do ambiente pode ser considerada de baixa qualidade, mesmo no período de outono, o que pode prejudicar as atividades desenvolvidas no laboratório.

5. Medidas de controle

Primeiramente sugere-se a alteração da cobertura, feita com telhas de fibrocimento. Uma alternativa de baixo custo seria a pintura das telhas já existentes com uma cor clara, possibilitando a reflexão da radiação solar, havendo transferência de menor quantidade de calor e resultando em uma temperatura interna mais agradável. A pintura das paredes externas também traria melhorias para a condição térmica interna.

Outra opção, aliada à pintura das telhas, seria o uso de barreiras radiantes para minimizar a radiação de calor pela cobertura do laboratório. Este mecanismo depende da emissividade e refletividade do material utilizado. Assim, deve-se usar um produto com grande capacidade de reflexão e pouca emissividade de radiação de calor (FAREY, 1994). Medina (2000) e Miranville et al. (2003), citam o uso de mantas finas metálicas como barreiras radiantes, geralmente revestidas de alumínio, que possui baixa emissividade.

O laboratório não possui nenhum tipo de barreira física nas janelas contra a radiação solar direta. Uma opção seria a utilização de brises horizontais nas janelas superiores das fachadas Norte e Sul. Outra alternativa seria o plantio de árvores em torno do laboratório, principalmente na fachada Norte, área mais exposta. Porém, esta solução teria resultados apenas a longo prazo.

Outro ponto que pode ser trabalhado é a questão da ventilação do laboratório. Como as janelas não ficam sempre abertas devido ao risco de entradas de animais e a área de abertura

das janelas dos tipos maximizar e basculante são pequenos, a renovação do ar interno é insuficiente. Por isso, a aplicação de grades mais eficientes para manter as janelas sempre abertas poderia melhorar a troca de ar do ambiente e amenizar o problema.

6. Conclusões

De acordo com os resultados obtidos de IBUTG no verão, conclui-se que o Laboratório de Geotecnia da UEL se encontra em uma condição térmica insalubre, com pico de IBUTG na ordem de 31,83 °C, no verão, valor acima do limite permitido pela NR-15 para as atividades desenvolvidas no local.

Em relação ao conforto térmico, conclui-se também que o ambiente está fora dos padrões exigidos pela NR-17, com uma TEC de 23,50 °C e UR de 77,36%, valores acima dos recomendados. Estas condições podem prejudicar o desempenho das atividades realizadas no laboratório.

Devido ao tempo de permanência dos alunos e professores no ambiente ser pequeno, conclui-se que uma ação sobre os indivíduos se torna inviável. Assim, as medidas de controle devem ser aplicadas na edificação.

Observando as características do ambiente, conclui-se que as principais causas da sobrecarga e do desconforto térmico do laboratório são o tipo de cobertura e a renovação de ar insuficiente devido ao tipo de janelas utilizadas. Por isso, esses dois pontos se tornam primordiais para a aplicação de medidas mitigatórias, minimizando tanto a sobrecarga quanto o desconforto.

Referências

- BARBOSA FILHO, A. N. **Segurança do Trabalho e Gestão Ambiental**. 2ª. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2008.
- BRASIL, M. T. E. **Norma Regulamentadora nº. 15: Atividades e Operações Insalubres**, 1978a.
- BRASIL, M. T. E. **Norma Regulamentadora nº. 17: Ergonomia**, 1978b.
- BRASIL, M. T. E. **Norma de Higiene Ocupacional 06 - Procedimento Técnico: Avaliação da Exposição Ocupacional ao Calor**: FUNDACENTRO, 2002.
- BRASIL, M. T. E.; RUAS, Á. C. **Conforto térmico nos ambientes de trabalho**. São Paulo: FUNDACENTRO, 1999.
- COUTINHO, A. S. Proteção contra o calor. In: MATTOS, U. A. D. O.; MÁSCULO, F. S. **Higiene e Segurança do Trabalho**. Rio de Janeiro: Elsevier/Abepro, 2011. Cap. 10, p. 209-231.

FAREY, P. Radiant energy transfer and radiant barrier systems in buildings. **Florida Solar Energy Center, Publication DN - 7**. Cocoa, FL. 1994.

LEITE, E. S. C. M. **Stress térmico por calor - estudo comparativo dos métodos e normas de quantificação**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 123. 2002.

MACINTYRE, A. J. **Ventilação industrial e controle da poluição**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1990.

MARTINS, A. **Análise da exposição ao calor (tensão térmica) e conforto térmico em ambientes de trabalho**. 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma. 2005.

MEDINA, M. A. On the performance of radiant barriers in combination with different attic insulation levels. **Energy and Buildings**, v. 33, p. 31-40. University of Kansas. Lawrence, KS. 2000.

MIRANVILLE, F.; BOYER, H.; MARA, T.; GARDE, F. On the thermal behaviour of roof-mounted radiant barriers under tropical and humid conditions: modelling and empirical validation. **Energy and Buildings**, v.35, p. 997-1008. University of Reunion. Le Tampon, FR. 2003.

NEVES, D. D.; BERNINI, D. S. D.; EPICHIN, K. S. D. Avaliação do risco ambiental: Calor em um laboratório de solda. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 36, 2016, João Pessoa. **Anais do XXXVI ENEGEP**. João Pessoa. 2016.

PROPLAN/UEL. **Projetos do Laboratório de Geotecnia - CTU**. Universidade Estadual de Londrina. Londrina. 2004.

SALIBA, T. M. **Manual Prático de Avaliação e Controle de Calor**. 3ª. ed. São Paulo: LTr, 2010.

XAVIER, A. A. P. **Condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 1999.