

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

ALDELY ÂNGELO ALMEIDA TEIXEIRA

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM CONTAINERS METÁLICOS
UTILIZADOS COMO ALOJAMENTO EM CANTEIRO DE OBRAS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2014

ALDELY ÂNGELO ALMEIDA TEIXEIRA

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM CONTAINERS METÁLICOS
UTILIZADOS COMO ALOJAMENTO EM CANTEIRO DE OBRAS**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

Orientador: Profº Esp. Marcelo Queiroz Varisco

CURITIBA

2014

ALDELY ÂNGELO ALMEIDA TEIXEIRA

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM CONTAINERS
METÁLICOS UTILIZADOS COMO ALOJAMENTO EM CANTEIRO DE
OBRAS**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientador:

Prof. Esp. Marcelo Queiroz Varisco
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Banca:

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. Dr. Adalberto Matoski
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. Dr. Ronaldo Luis dos Santos Izzo
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba
2014

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso” Curso”

Dedico à minha avó Raimunda, por seus ensinamentos, sabedoria e incentivo.

AGRADECIMENTOS

À Deus

Pela oportunidade.

À minha família

Pelo apoio, confiança e fé.

À minha noiva Suellen.

Pelo companheirismo, atenção, compreensão e carinho.

Ao Fred

Pela motivação

Ao Professor Marcelo

Pela competência, pelas sábias sugestões e por contribuir na ampliação do meu conhecimento.

À todos que acreditaram

Obrigado.

RESUMO

Objetivo geral deste estudo é analisar o conforto térmico de containers utilizados como alojamentos em uma empresa de construção civil no município de Curitiba – Paraná. Para o desenvolvimento desta pesquisa optou-se pela realização de uma revisão bibliográfica, com vistas a adquirir conhecimentos a respeito da utilização de containers como alojamento em canteiros de obras no município de Curitiba – PR e o seu nível de conforto térmico. Os resultados das medições realizadas em dois canteiros de obra localizados na região norte de Curitiba - PR e outro em São José dos Pinhais – PR foram obtidos utilizando-se um medidor de estresse térmico modelo TGD400 da marca Instrutherm. A partir dos resultados obtidos com as medições feitas em três tipos de containers em canteiros de obra pode-se perceber que as instalações atendem a normatização da NR – 18 para alojamentos, contudo, determinaram as probabilidades de ocorrência de inconformidade em relação ao conforto térmico, pois para os containers convencionais simples mostraram índices elevados de aquecimento e de Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo – IBUTG. Esta conclusão leva em consideração a época e o local da pesquisa. Os dados coletados mostraram também que os containers convencionais duplo apresentam as melhores condições de conforto térmico para serem utilizados como alojamento para os trabalhadores nos canteiros de obras analisados. Nesta pesquisa pode-se verificar a influência das fontes externas de calor existentes e comprovar o efeito da referida influência no índice de aquecimento e Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo, tanto no caso de containers marítimos quanto containers simples. Conclui-se que os containers são elementos adaptáveis e flexíveis para atender às mais distintas utilizações, possuindo um sistema prático de montagem e desmontagem, facilidade de transporte, possibilitando que a mobilização seja feita em um curto período de tempo. Isto, associado a possibilidade de aproveitamento total do material, durabilidade, facilidade de modificação e rápida manutenção possibilitam uma elevada relação de custo e benefício em comparação com as construções de madeira ou alvenaria em situações que demandam constantes mudanças, e por isso são muito utilizados.

Palavras chave: calor, conforto térmico, ventilação, container, construção civil.

ABSTRACT

Aim of this study is to analyze the thermal comfort of containers used as accommodation in a construction company in the city of Curitiba - Paraná. To develop this research we chose to conduct a literature review, in order to acquire knowledge about the use of containers as accommodation on construction sites in the city of Curitiba - PR and its level of thermal comfort. The results of measurements performed on two construction sites located in the northern region of Curitiba - PR and another in Pinhais - PR were obtained using a meter heat stress model of TGD400 Instrutherm brand. From the results obtained with measurements made in three types of containers for construction sites can be seen that the facilities meet the regulation of NR - 18 for accommodation, however, determined the probability of disagreement regarding thermal comfort, as for containers that have simple tile coverage showed high rates of heating and index Wet Bulb Globe Thermometer - WBGT. This conclusion takes account of the time and place of the search. The collected data also showed that the containers that come with double roof coverage featuring the best thermal comfort conditions for use as accommodation for workers at construction sites analyzed. In this research can be influence verify external sources and confirm the existing heat effect of the warming influence on the index and index Wet Bulb Globe Thermometer, both in the case of maritime containers as containers covered by a simple tile. It is concluded that the containers are adaptable and flexible to meet the most distinct uses elements having a practical system for assembly and disassembly, transportation facility , enabling the mobilization is done in a short period of time. This, coupled with the possibility of full utilization of the material, durability, ease of modification and maintenance quick enable a high ratio of costs and benefits compared with wood or masonry buildings in situations that require changing, and so are widely used.

Keywords: heat, thermal comfort, ventilation, container, construction.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	OBJETIVO.....	8
1.1.1	Objetivo Principal.....	8
1.1.2	Objetivos Específicos	8
1.2	JUSTIFICATIVA	9
2	REVISÃO DA LITERATURA	11
2.1	CONFORTO TÉRMICO	15
2.1.1	Índices de Conforto Térmico	15
2.1.2	Método de Avaliação do Desempenho Térmico.....	16
2.2	CLIMATIZAÇÃO DOS AMBIENTES.....	17
2.2.1	Ventilação.....	19
2.2.2	Refrigeração.....	25
2.3	ALOJAMENTOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	28
2.3.1	Alojamento Metálico	29
2.3.2	Container.....	30
3	MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.1	METODOLOGIA.....	33
4	APRESENTAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	41
4.1	CONTAINER MARITIMO	41
4.2	CONTAINER CONVENCIONAL DUPLO	41
4.3	CONTAINER CONVENCIONAL SIMPLES	42
4.4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	43
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	47
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	49
	ANEXOS	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Calor cedido ao ambiente (W) conforme algumas atividades desenvolvidas pelo indivíduo.....	18
Tabela 2 – Dados Container Marítimo.....	41
Tabela 3 – Dados Container Convencional Duplo.....	42
Tabela 4 – Dados Container Convencional Simples	43
Tabela 5 – IBUTG de acordo com o regime e tipo de atividade.....	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Alojamento metálico - Dormitório	30
Figura 2 – Containers empilhados.....	32
Figura 3 – Containers de Carga	33
Figura 4 – Containers Marítimo	34
Figura 5 – Containers Convencional Simples.....	35
Figura 6 – Containers Convencional Duplo	36
Figura 7 – Medidor de Stress Térmico	37
Figura 8 – Medição externa.....	39
Figura 9 – Medição interna.....	40
Figura 10 – Variação do índice de aquecimento	44
Figura 11 – IBUTG no interior dos containers	46

ANEXOS

ANEXO A – NR 18 CONDIÇÕES E MEIO AMBIENTE DE TRABALHO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO.....	52
ANEXO B – NR 15 - ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES – ANEXO 3.....	60

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Biglia e Coelho (2010) a temperatura interna do corpo humano possui a tendência de permanecer constante, em aproximadamente por volta dos 37°C, independente do clima e da temperatura externa do ambiente em que se localiza. Isso sucede por causa do fenômeno da homeotermia¹ dos mamíferos.

De acordo com o que coloca Lida (1990, p. 234) "o corpo humano troca calor continuamente com o ambiente, pela radiação, recebendo calor daqueles objetos mais quentes e irradiando para aqueles mais frios que seu corpo".

Para Frota e Schiffer (2007) para a manutenção da temperatura interna o organismo dos seres homeotérmicos trabalha como uma máquina térmica, produzindo energia interna especialmente por meio da combustão do carbono, originária dos alimentos, com o oxigênio, proveniente da respiração. Chama-se a esse processo de metabolismo.

As autoras acima citadas acreditam que parte dessa energia produzida pelo metabolismo é transformada em potencialidade de trabalho, que será empregada para o funcionamento do organismo, e o restante é transformado em calor, que deve ser dissipado, conservando assim o equilíbrio interno do corpo.

A quantidade do que foi perdido e ganho em termos de calor está relacionado com a atividade desenvolvida pelo indivíduo e é controlada por meio de processos de homeotermia, como a vasodilatação ou a vasoconstrição, que garantem a manutenção da temperatura interna dos seres humanos relativamente constante. Contudo, Frota e Schiffer (2007, p. 20) alertam que "a termorregulação, apesar de ser o meio natural de controle de perdas de calor pelo organismo, representa um esforço extra e, por conseguinte, uma queda de potencialidade de trabalho".

Então, considera-se que o organismo está em equilíbrio térmico quando essas trocas de calor do corpo com o ambiente ocorrem sem recorrer aos processos de homeotermia.

¹ Característica do animal que o permite manter sua temperatura corporal constante, sendo que apenas as aves e os mamíferos, considerados animais endotérmicos ou de sangue quente, vulgarmente falando, têm esta capacidade.

De acordo com Fiedler; Venturoli e Minetti (2006) espaços relacionados com aspectos como segurança, conforto ambiental e ambientes para convivência social, são elementos ativos no ambiente empresarial e por isso quando se desenvolve alterações nestes locais deve-se considerar alguns fatores imprescindíveis para sua adequada utilização, bem como as opiniões e demandas dos trabalhadores, pois são estes indivíduos que serão mais afetados por estas modificações no ambiente de trabalho e do necessário descanso.

Entre estes fatores a serem levados em consideração, a temperatura é um dos mais importantes. A temperatura é um indicativo do fluxo de calor que demonstra o grau de calor ou frio de um determinado ambiente ou corpo, cujas sensações que se produzem a partir dela no corpo humano estão relacionadas diretamente com o grau de umidade do ar ambiente e da velocidade do vento.

Conforme apresenta Verdussen (1978) a temperatura é um elemento que precisa ser considerado com muita atenção quando se procura desenvolver condições ambientais de trabalho apropriadas porque existem temperaturas que proporcionam maior sensação de conforto, enquanto outras trazem sensações desagradáveis e em alguns casos até nocivas para a saúde de quem necessitará passar nestes locais muito tempo do seu dia a dia.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo Principal

Analisar o conforto térmico de containers utilizados como alojamentos em uma empresa de construção civil no município de Curitiba – Paraná.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Estudar os conceitos relacionados com o conforto térmico, climatização dos ambientes, ventilação natural e mecânica, refrigeração;
- Analisar os fatores relacionados com a utilização de containers como alojamentos para os trabalhadores inseridos no contexto da construção civil;
- Estudar a normatização desta utilização para propiciar melhores condições de descanso aos trabalhadores;

- Avaliar, por meio de um estudo de caso desenvolvido em uma empresa da construção civil localizada no município de Curitiba, as condições térmicas dos containers empregados como alojamento nas obras.

1.2 JUSTIFICATIVA

Segundo colocam Matos et al. (2011) ao longo da vida os indivíduos experimentam distintas condições climáticas quando estão realizando as mais diferentes atividades, desde o repouso até atividades laborais. Nestas mais diversas atividades estes indivíduos estão submetidos, concomitantemente, a duas diferentes espécies de carga, a térmica e a mecânica. Os autores colocam como exemplo para clarificar esta ideia quando o indivíduo se encontra fazendo uma atividade de leitura em um ambiente climatizado quando então recebe cargas pequenas, e desta forma, sente-se em conforto térmico. De outro modo, quando se encontra fazendo uma atividade física como correr na esteira, praticando uma arte marcial, fazendo spinning, etc. nesse mesmo ambiente, estará submetido a uma carga mecânica pesada e uma carga térmica leve. Já nos casos onde o profissional trabalha diretamente perto de uma fonte de calor como pizzaiolos, padeiros, cozinheiros, entre outros, pode se encontrar exposto a uma carga mecânica leve e a uma carga térmica elevada.

Para os autores acima citados, no balanço térmico destes indivíduos, o saldo de energia térmica deve ser sempre nulo de forma que a temperatura se conserve constante, porque qualquer alteração pode significar decorrências negativas para sua saúde. Assim, se o saldo for positivo, a temperatura interna se elevará; se for negativo, a temperatura interna tenderá a ficar menor.

De modo a evitar estes tipos de inconvenientes, o corpo humano é dotado de um sistema de termorregulação, situado no hipotálamo, que se desenvolve por retroalimentação. Para que isso ocorra, o corpo humano apresenta sensores térmicos na pele e no núcleo que mandam sinais proporcionais à temperatura ambiente. Nos casos onde a temperatura interna tende a aumentar, o sistema de termorregulação causa uma vaso dilatação dos vasos periféricos, elevando a vazão de sangue e como decorrência, a perda de calor por convecção na pele. Caso esta

vaso dilatação não seja suficiente, o sistema promove a produção de suor e a posterior evaporação, conservando, desta forma, a temperatura em seu nível normal. Por outro lado, quando a temperatura interna tende a diminuir, o sistema promove a vasoconstrição dos vasos periféricos e, assim, a redução do fluxo sanguíneo e do calor perdido; se a tendência continuar, o sistema de termorregulação age nos músculos, gerando tremores involuntários que aumentam o metabolismo, ou seja, a geração de calor, fazendo, então, que a temperatura se mantenha normal na faixa de 36 a 37C° (MATOS et al., 2011).

Portanto, o sistema de termorregulação atua continuamente na anulação do saldo de energia.

Ainda Matos et al. (2011) colocam que quando o sistema de termorregulação não consegue fazer a compensação deste desequilíbrio, o saldo positivo ocasiona hipertermia no indivíduo; e quando se obtém o saldo negativo, apresenta hipotermia. Essas duas situações são as piores que ela pode enfrentar. Entretanto, mesmo mantendo o balanço térmico nulo, o organismo pode se ressentir do grande esforço que faz para manter a temperatura normal e para impedir perdas excessivas de líquido e sais minerais, bem como para produzir hormônios. O desconforto térmico pode ocasionar cansaço, desânimo e queda de rendimento. Em suma, as condições térmicas de um ambiente podem expor o indivíduo a diversas doenças, como por exemplo:

- Doenças do calor: hipertermia ou intermação, tontura ou desfalecimento por déficit de sódio, por hipovolemia relativa ou evaporação deficiente, desidratação, doenças da pele, distúrbios psiconeuróticos, catarata;
- Doenças do frio: hipotermia, pé de trincheira, ulcerações, doenças reumáticas e respiratórias.

Desta forma, analisar as condições térmicas de um ambiente importante para o descanso do trabalhador, o alojamento se justifica.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo tem como foco, analisar os conceitos relacionados aos mecanismos físicos e fisiológicos do calor, com o conforto térmico, mecanismos de climatização natural e artificial e sobre a utilização de containers como alojamento em empresas de construção civil.

Conforme traz Schmid (2005) o calor é uma ideia que se encontra no cotidiano de qualquer indivíduo porque está presente no sol, nas vestimentas pesadas, em bebidas quentes ou destiladas, mas também dentro do ser humano vivo. Durante a atividade corporal, o calor parece vir de dentro do corpo.

Para o autor supra citado, a temperatura de um objeto é tanto maior quanto mais intenso for o movimento vibratório de suas moléculas. Quando este movimento é transmitido de uma porção para outra porção da matéria, dizemos que está havendo transferência de calor, ou simplesmente calor. Constitui-se então, em uma forma de energia que pode se transmitir de uma porção de matéria que apresenta maior temperatura para outra com menor temperatura. Pode-se citar como exemplo um copo de água que aparenta maior temperatura do que um balde preenchido com água morna que não significa que o primeiro possui mais calor porque a massa do balde é muito maior e desta forma, possui um número muito elevado de moléculas de água. Assim, conclui que calor e temperatura são conceitos distintos, sendo a última uma propriedade relacionada ao calor.

Ainda segundo Schmid (2005) o calor é energia, e a energia é um fator mensurável. Quantidades bem definidas de energia estão presentes em todas as coisas como, num tanque de combustível ou num pacote de bolacha que apresenta energia química; na descarga de um flash a energia luminosa; num material que se ergue do chão a energia potencial; num carro em movimento a energia cinética; numa pilha alcalina a energia eletroquímica; numa panela de água fervente o calor. Esta última se contiver ar à mesma temperatura, teria bem menos calor, porque o ar é aproximadamente mil vezes menos denso que a água e também devido ao fato do mesmo peso de ar requerer quatro vezes menos energia que a água para uma mesma variação de temperatura.

Para Mattos et al. (2011) o calor é uma das formas de energia que se pode acumular e a potência se traduz pela rapidez com que a energia é transferida ou

convertida, assim, existem mecanismos que apresentam grande potência outros elevada energia. Não existe consumo de energia, o que existe é a conversão de energia de maior qualidade em energia de menor qualidade. E a menor qualidade é atribuída ao calor, o que contudo, não significa que o calor seja um elemento ruim. Entretanto, indica o caminho da maior racionalidade energética: cada forma de energia sendo aproveitada naquilo que tem de mais precioso.

Para os autores acima citados, quando uma forma de energia é transformada em outra, parte dela se torna calor. Existe uma tendência pela qual as diferentes formas de energia são convertidas naturalmente em calor. Assim, todas as formas de energia podem ser transformadas integralmente em calor, mas o contrário não é verdadeiro.

Para Cengel (2007) o calor pode ser do tipo sensível ou latente. Calor sensível é aquele transferido entre duas porções de matéria com diferença de temperatura. Já o calor latente é a porção de energia necessária para mudar o estado físico da matéria: ou seja, mudar seu estado sólido, líquido ou gasoso, o gelo ao derreter, permanece a uma temperatura estável; entretanto, só derrete com aporte de calor.

De acordo com Mattos et al. (2011) o calor sensível pode ser transmitido por condução, convecção ou radiação. Cada forma de transmissão de calor apresenta seu mecanismo próprio.

Para os autores, a condução é a transferência de calor através dos corpos sólidos. Um material bom condutor de calor, se interposto a dois corpos a diferentes temperaturas, atua de modo a aproximá-las. Neste caso pode-se apontar como bons condutores de calor os metais; são condutores médios a pedra, o concreto e o vidro e os maus condutores de calor, portanto bons isolantes térmicos, são a madeira e, caso mais extremo, a lã e a cortiça. Estes materiais contêm ar encapsulado e devido a este fato são materiais que apresentam baixa densidade.

Segundo Frota e Schiffer (2012) a convecção é a forma de transferência de calor que se desenvolve associada a porções da matéria: o movimento da água nos tubos de um radiador ou do vento que atravessa um edifício. Um bom exemplo de convecção é representado pelo cozimento de alimentos em água fervente, que faz com que ele vire na panela sem precisar mexer. Este é um caso de convecção natural, pois o movimento é provocado pelas próprias diferenças de temperatura. Desta forma, o processo faz subir as porções quentes que são menos densas e

baixar as porções frias que são mais densas. Já a convecção forçada ocorre por algum outro fator externo, como por exemplo, a água nos tubos, que se movimenta pela ação de uma bomba, ou o ar que circula propulsionado por um ventilador.

Schmid (2005) coloca que a radiação é a transferência de energia na forma de ondas eletromagnéticas através do espaço que absorvida pela matéria, se converte em calor. Neste processo quase toda superfície emite radiação e quanto maior, mais quente e mais emissiva for uma superfície, maior será sua emissão. A energia saindo de cada porção de superfície se transfere por todas as direções para onde puder se transferir, exceto para trás, desta forma, por todo um semi-espaço. O autor complementa:

Uma outra superfície que estiver no caminho recebe esta energia, e tanto mais quanto maior, mais próxima, e mais perfeitamente face a face se encontrar. O sol, visto da Terra, é pequeno, mas com sua superfície à temperatura de milhares de graus Celsius influencia decisivamente as condições térmicas sobre a Terra. Já no espaço, onde não há matéria, predomina o zero absoluto de temperatura; a Terra perde calor para ele e nada recebe em troca (SCHMID, 2005, p. 220).

Para Mattos et al. (2011) o calor latente é aquele envolvido numa mudança de estado físico, onde existe a transformação de sólido para líquido, de líquido para vapor, de sólido para vapor ou vice-versa, que acontece a temperatura constante para as substâncias puras.

De acordo com os autores acima citados, a importância prática do calor latente para o conforto térmico é enorme, pois assim como o suor sobre a pele ao evaporar vai aliviando a sensação de calor, uma roupa úmida, no corpo, vai secando e aumentando a sensação de frio porque esta peça é pior isolante térmico que a roupa seca. E a neve sobre a roupa, ao derreter, retira-lhe razoável quantidade de calor.

Segundo Costa (1974) a temperatura do corpo e, conseqüentemente, o conforto térmico são o resultado da aplicação dos mecanismos de transferência de calor sensível e latente entre o indivíduo e o ambiente. Este processo obedece às leis da física os parâmetros corporais exemplificados pela temperatura e taxa de transpiração da pele, roupa e atividade física, normalmente não são ajustáveis. As variáveis climáticas nos são impostas; mas num escopo limitado como um ambiente

construído, consegue-se modificá-las. Quatro variáveis resumem as influências do clima e da paisagem sobre o conforto térmico: temperatura do ar, velocidade do ar, umidade do ar e as fontes de calor radiante direto ou refletido.

Porem, quase sempre se pode lançar mão de uma solução, ou mais de uma, para obter conforto térmico.

Schmid (2005) coloca que o conforto térmico pode ser definido como um estado em que o indivíduo não tem vontade de mudar sua interação térmica com o meio. Não é uma definição holística; é restrita, afeita à comodidade. Corresponde a dizer que não sofre qualquer tipo de tensão que o motive a procurar mudança. A literatura demonstra que a comodidade com relação ao aspecto térmico está ligada, no mínimo, a três condições que devem ser observadas em concomitância.

Para Mattos et al. (2011) a condição do balanço térmico do corpo significa que todo o calor produzido pelo organismo deve ser dissipado para o ambiente através dos mecanismos de transmissão de calor já descritos, em efeito combinado. Ainda, parte do calor deixa o corpo por meio da respiração.

Frota e Schiffer (2012) afirmam que a condição da temperatura de pele adequada significa que, em valores absolutos, esta deva se manter numa determinada faixa, não ultrapassando valores extremos estabelecidos. Um pequeno desvio da temperatura ideal do corpo provoca razoável mal-estar, e um desvio maior pode levar à morte. Segundo Costa (1974) o ser humano, como outros animais de sangue quente, consegue variar o fluxo de calor saindo do organismo. Assim, seu organismo procura manter, para a operação normal, a temperatura do corpo dentro de uma faixa estável. Para proteger o restante do corpo, a temperatura superficial é variada mais para cima ou mais para baixo, compensando os processos que ameacem deslocar a temperatura do corpo do valor ideal. Mas mesmo a temperatura da pele não pode sofrer variações ilimitadas e, ao variar para mais ou para menos, deve fazê-lo na proporção direta do nível de atividade do organismo que está sempre associado à taxa de produção de calor pelo corpo. A pele adquire temperatura menor para um alto grau de atividade do corpo, permitindo que o calor seja transmitido dos tecidos mais profundos para os tecidos mais superficiais, até sair mediante a evaporação do suor e da água.

2.1 CONFORTO TÉRMICO

Segundo Frota e Schiffer (2007) a primeira condição para a sensação de conforto é o equilíbrio térmico do organismo, ou seja, a quantidade de calor cedida através de todas as trocas térmicas deve ser igual à recebida do ambiente, sem que o organismo recorra aos mecanismos homeotérmicos.

Para Lamberts; Dutra e Pereira (1997) A idade, o sexo, o biotipo, as atividades que o indivíduo desempenha, as variáveis do local - que fazem com que ocorram as trocas de calor entre o corpo e o ambiente - e a vestimenta, são alguns dos fatores que interferem nas condições de conforto técnico.

Biglia e Coelho (2010) destacam a importância de se levar em conta o conforto térmico em ambientes laborais está no fato de que a temperatura influencia no físico e no psíquico, afetando, portanto, a produtividade do trabalhador. Além disso, o desconforto técnico pode aumentar a incidência de erros e acidentes no trabalho.

Em sua pesquisa Frota e Schiffer (2007) encontraram que os primeiros estudos realizados acerca da interferência da temperatura no rendimento do trabalhador, desenvolvidos em 1916 pela Comissão Americana da Ventilação, ratificaram que, para o trabalho físico feitos nas condições estabelecidas na pesquisa de então, o aumento da temperatura ambiente de 20° para 24° diminui o rendimento do operário em 15%, e o aumento para 30° registra uma queda no rendimento de 28%.

Conforme coloca Pinto (2008) o efeito que as condições térmicas determinam em cada indivíduo se altera porque está atrelado a inúmeros fatores pessoais como hábitos alimentares, biótipo, idade, sexo, entre outros. Deste modo, para se possa realizar uma análise aprofundada do conforto térmico em determinado ambiente, é importante considerar não apenas as variáveis ambientais, mas também as condições de ordem pessoal e o julgamento subjetivo de cada indivíduo.

2.1.1 Índices de Conforto Térmico

De acordo com Frota e Schiffer (2007) os índices de conforto térmico foram desenvolvidos baseados em distintos elementos do conforto, podendo ser classificados da seguinte maneira:

- índices biofísicos - fundamentados nas possíveis trocas de calor entre o corpo e o ambiente, fazendo a relação dos aspectos referentes ao conforto com as trocas de calor que originam os mesmos;
- índices fisiológicos – baseados nas reações fisiológicas determinadas por condições conhecidas de temperatura seca do ar, temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar;
- índices subjetivos - que se fundamentam nas sensações subjetivas de conforto sentidas em condições em que as características de conforto térmico soem variação.

Para os autores acima citados, a opção sobre um tipo de índice de conforto precisa ter relação direta com as condições ambientais e com a atividade desempenhada pelo sujeito, pelo grau de importância de alguns dos aspectos do conforto. Existem condições termo-higrométricas que podem, ainda que temporariamente, ser avaliadas como de conforto em relação a sensação e desencadear distúrbios fisiológicos ao final do tempo de exposição. Pode exemplificar esta situação com o caso de pessoas sujeitadas a condições de baixo teor de umidade que não percebem a própria transpiração devido ao suor evaporar de maneira rápida e que por isso não ingerem líquido em quantidade apropriada e acabam desidratadas.

2.1.2 Método de Avaliação do Desempenho Térmico

Conforme a norma brasileira NBR 15220 pode-se aplicar um método simples de avaliação do desempenho térmico de elementos construtivos. O método incide na indicação de limites para as propriedades térmicas de transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar, associados a proposição de estratégias bioclimáticas, sendo estas variáveis relacionadas a zona bioclimática em questão. Trata-se de um método simplificado porque está sujeito somente ao cálculo das propriedades térmicas de um componente construtivo isoladamente (ABNT, 2005).

Para o desenvolvimento de uma arquitetura apropriada ao clima, baseando-se no conhecimento das necessidades humanas relativas ao conforto térmico, pode-se adotar o seguinte encaminhamento:

- conhecimento do clima local, especialmente no que se refere as variáveis de que é função o conforto térmico (temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar e ventos);
- escolha dos dados climáticos para o projeto do ambiente térmico;
- adoção de partido arquitetônico cujas características sejam apropriadas ao clima e às funções do edifício;
- tomadas as decisões de projeto que se relacionem com às suas especificidades, é imprescindível que seja desenvolvida uma avaliação quantitativa do desempenho térmico que o edifício poderá possuir.

Existem diversos métodos de cálculo de previsão do desempenho térmico, podendo-se citar os de Mahoney, de Nessi e Nissole e o do CSTB. Avalia-se que o método do Centre Scientifique et Technique du Batiment - CSTB o mais aplicativo, porque se apoia em dados climáticos disponíveis e numa abordagem compreensível no que se refere às características dos materiais.

De acordo com o que Frota e Schiffer (2007) afirmam para avaliar o índice de conforto térmico de um determinado ambiente deve-se englobar, em um parâmetro, o efeito conjunto de todas as variáveis pertinentes. Complementam Spillere e Furtado (2007, p. 20-21) colocando que:

Em geral, os índices para essa medição são desenvolvidos fixando uma vestimenta utilizada pelo indivíduo e uma atividade por ele desenvolvida, para então relacionar as variáveis do ambiente e reunir, sob a forma de cartas ou nomogramas, as diversas condições ambientais que proporcionam respostas iguais por parte dos indivíduos.

Conforme Souza e Guelli (2003) para que se possa optar por determinado tipo de índice de conforto, é necessário estabelecer uma relação entre as condições ambientais e as atividades desenvolvidas pelo indivíduo considerando a maior ou menor importância de cada aspecto do conforto.

2.2 CLIMATIZAÇÃO DOS AMBIENTES

Frota e Schiffer (2007) destacam que a previsão da carga térmica que se origina no interior do edifício é essencial no que se refere às decisões de projeto

relacionadas ao estilo arquitetônico a ser empregado, mas está associada diretamente às demandas laborais e humanas, para os distintos tipos de clima.

Para os autores quando se fala em carga térmica interna a edificação pode-se classificar as fontes como relacionadas a:

- presença humana;
- sistemas de iluminação artificial;
- presença de motores e equipamentos;
- tipo de processo industrial desenvolvido no ambiente;
- incidência de calor solar.

Ainda segundo Frota e Schiffer (2007) a quantidade de calor que o corpo humano dissipa para o ambiente está sujeito fundamentalmente a atividade desempenhada. A Tabela 1 a seguir disponibiliza os dados relacionados ao calor dissipado pelo organismo humano, para o ambiente, segundo a atividade desenvolvida pelo indivíduo. Para calcular o ganho de calor, analisa-se somente o calor sensível.

Tabela 1 – Calor cedido ao ambiente (W) conforme algumas atividades desenvolvidas pelo indivíduo

Atividade	Calor Metabólico	Calor Sensível	Calor Latente
durante o sono (basal)	80	40	40
sentado, em repouso	115	63	52
em pé, em repouso	120	63	57
escritório (atividade moderada)	140	65	75
em pé, trabalho leve	145	65	80
andando	220	75	145
trabalho leve, em bancada	255	80	175
serrando madeira	520	175	345
esforço máximo	870 a 1400	-	-

Fonte: adaptado de Frota e Schiffer (2007, p. 177).

A conversão de energia elétrica em luz origina calor sensível que é dissipado por radiação para as áreas ao redor, por condução por meio dos materiais contíguos e por convecção para o ar.

No caso de lâmpadas incandescentes existe a conversão de somente 10% de sua potência elétrica em luz e os outros 90% se dissipa na forma de calor na

seguinte proporção: 80% se dissipa por radiação e 10% por condução e convecção. Já as lâmpadas fluorescentes transformam 25% de sua potência elétrica em luz com 25% se dissipando na forma de calor radiante para as áreas vizinhas e 50% dissipado por convecção e condução. O reator da lâmpada fluorescente disponibiliza mais 25% da potência nominal da lâmpada na forma de calor para o ambiente (FROTA E SCHIFFER, 2007).

Contudo, como a luz também se transforma em calor após ser absorvida pelos materiais, quando o projeto de iluminação adota lâmpadas incandescentes toma-se como carga térmica a potência instalada e para fluorescentes 125%, referente à potência nominal total mais 25% relacionada com as emissões dos reatores.

No caso da iluminação natural, para Frota e Schiffer (2007) o Sol ao incidir sobre os paramentos da edificação, assume em maior ou menor escala a responsabilidade por um ganho de calor que estará relacionado a intensidade da radiação solar incidente e das características térmicas dos materiais constituintes desses paramentos.

Assim, fica clara a ideia de que a radiação solar se comporta como variável climática e por isso deve ser mensurada. Contudo, apresentam-se dificuldades para se obter dados aferidos por causa da complicação oferecida pela movimentação do Sol e igualmente pela conversão dos dados, porque os instrumentos utilizados armazenam informações relacionadas à incidência do sol sobre o plano normal aos raios e são imprescindíveis dados concernentes à radiação incidente sobre as fachadas e coberturas dos edifícios (FROTA E SCHIFFER, 2007).

As informações acerca da intensidade da radiação solar incidente sobre as superfícies podem ser obtidos por cálculos mediados por fórmulas específicas que relacionam a latitude, data, altitude, nebulosidade, poluição do ar, entre outras variáveis e da mesma forma da direção específica do plano de incidência.

2.2.1 Ventilação

Conforme aborda Costa (2003) entende-se por ventilação o processo de renovação do ar de um ambiente. A finalidade principal da ventilação é exercer o controle da pureza e deslocamento do ar em um espaço fechado, ainda que, dentro de certos parâmetros, a renovação do ar também possa atuar no controle da

temperatura e da umidade deste ambiente. O ar circulante é parte integrante da atmosfera gasosa que envolve o planeta, e possui espessura superior a 500 km.

Segundo constata o autor supra citado, a temperatura associada com a umidade são os responsáveis pelas trocas de calor realizadas entre o ambiente externo e o corpo humano e definem as características de conforto térmico do ambiente.

Por isso corroboram Frota e Schiffer (2007, p. 124) afirmando que:

A ventilação proporciona a renovação do ar do ambiente, sendo de grande importância para a higiene em geral e para o conforto térmico de verão em regiões de clima temperado e de clima quente e úmido. A renovação do ar dos ambientes proporciona a dissipação de calor e a desconcentração de vapores, fumaça, poeiras, de poluentes, enfim. A ventilação pode também ser feita por meios mecânicos, porém sendo aqui abordada apenas a ventilação natural como um dos meios de controle térmico do ambiente.

Diante disso Costa (2003) constata que a sensação de bem-estar causada por um determinado ambiente pode ser caracterizada, no que diz respeito a sua temperatura e umidade, pela chamada temperatura efetiva do mesmo e destaca que a temperatura efetiva de um ambiente é a temperatura de um ambiente saturado de umidade que, subjetivamente, apresenta as mesmas condições de conforto térmico que o ambiente considerado.

Para o autor, devido a disseminação de calor e de vapor d'água realizada pelo corpo humano por causa de sistemas de iluminação, de combustão, máquinas, entre outros elementos, os ambientes apresentam uma elevação acelerada na sua temperatura efetiva, tanto que, atualmente, considera-se como certo que as perturbações higiênicas que se verificam normalmente nos ambientes habitados devem atribuir-se essencialmente ao índice de ventilação apresentado pelo ambiente.

Diante disso, Costa (2003) acredita que para temperaturas efetivas de 23°C, verifica-se um conforto térmico absoluto, para temperaturas efetivas próximas dos 30 °C, o metabolismo humano começa a tornar-se difícil, coibindo o indivíduo da execução de suas atividades externas representadas pelo trabalho físico e, quando as temperaturas circundam os 37°C existe a anulação das trocas térmicas com o

ambiente, o que torna impossível o desenvolvimento de atividades internas, ou até da própria vida, de maneira permanente.

Desta forma, Costa (2003) destaca os tipos de ventilação que se fundamentam na maneira que sucede a renovação do ar de um ambiente como:

- Natural ou espontânea
- Artificial ou forçada: local, exaustora, geral, diluidora (por insuflamento, por aspiração ou mista).

Para o autor, no âmbito da ventilação natural, a ventilação espontânea de um ambiente é definida como aquela que se verifica em virtude das diferenças de pressões naturais originadas pelos ventos e gradientes de temperatura, existentes por meio das superfícies que delimitam o ambiente considerado.

2.2.1.1 Ventilação Natural

Conforme Souza e Rodrigues (2012) na atualidade o bem-estar do indivíduo e sua relação com o conforto térmico e a qualidade do ar se traduzem por serem elementos de grande importância tanto no que se refere a moradia, quanto ambiente de trabalho, sendo ambos intimamente associados aos padrões de ventilação.

De acordo com Liping e Hien (2007) entende-se a ventilação natural como um dos recursos naturais de maior eficácia no que se refere a obtenção do conforto ambiental e efetividade energética das construções. A utilização do fluxo normal do ar, com o intuito de se conseguir um condicionamento térmico do ambiente que possibilite condições favoráveis de conforto aos indivíduos que o usam seja para trabalhar, seja para descanso, associado com o melhoramento da qualidade do ar interno é o que os autores definem como ventilação natural.

Segundo Souza e Rodrigues (2012) numa edificação, existe a possibilidade de trabalhar com a ventilação natural cruzada nos casos onde a circulação do ar se efetiva por meio de aberturas localizadas em lados opostos de um ambiente; ou a ventilação unilateral nos casos em que a circulação do ar se processa utilizando aberturas posicionadas no mesmo lado do referido ambiente. De acordo com os autores a ventilação natural sofre interferência se alguns fatores tais como quantidade, tipo, disposição e dimensão das aberturas existentes para a passagem

de ar. Também interferem o perfil de ocupação e posição da edificação no que diz respeito à direção predominante do vento.

Também de acordo com Mazon; Silva e Souza (2006) a ventilação natural tem como função a regulação do ambiente interno de uma edificação utilizando a troca de ar controlada pelas aberturas. As forças motrizes naturais determinam o que se costuma chamar de efeito chaminé, que se origina na diferença de temperatura que se estabelece entre o ar externo e o ar no interior do ambiente edificado e pelas diferenças de pressão produzidas pela ação do vento. A adequada circulação natural de ar internamente em uma edificação auxilia na diminuição do gradiente térmico e colabora para a renovação do ar interno atuando na remoção dos poluentes deste ar também além da promoção de controle de temperatura, pois estes são fatores que em alguns casos de utilização do ambiente, pode influenciar a produtividade dos ocupantes e também prejudicar sua saúde.

Os autores acima citados complementam afirmando que a ventilação natural possibilita projetos espaçosos e iluminados, diminuição expressiva do custo energético da edificação e a possibilidade de obtenção de um clima interno agradável que é condição *sine qua non* para um bom desempenho nas atividades executadas pelos indivíduos no interior da edificação.

Conforme destacam Frota e Schiffer (2007) a ventilação possibilita que haja renovação do ar do ambiente, o que é de grande importância para a higiene em geral e para o conforto térmico no verão em regiões que apresentam clima temperado e quente e úmido.

Para os autores acima, a renovação do ar dos ambientes torna possível que haja a exaustão de calor e a desconcentração de vapores, fumaça, poeiras, de poluentes, entre outros elementos prejudiciais a saúde e as boas condições de usabilidade do espaço. Esta ventilação pode igualmente ser desenvolvida por meios mecânicos que também são capazes de atuar no controle térmico do ambiente.

Ainda segundo Frota e Schiffer (2007) como já foi dito anteriormente, a ventilação natural se processa pela condução do ar através da edificação por meio de aberturas, que funcionam como entrada e saída, por isso estas aberturas para ventilação precisam ser dimensionadas e distribuídas de maneira a possibilitar um fluxo de ar adequado no ambiente. Complementam colocando que o fluxo de ar que entra ou sai da edificação está sujeito a diferença de pressão do ar entre os ambientes internos e externos, da resistência ao fluxo de ar proporcionada pelas

aberturas, pelas obstruções internas e de uma série de implicações relacionadas à incidência do vento e forma da edificação.

2.2.1.2 Ventilação Forçada

Conforme coloca Costa (2003) nos casos onde a renovação do ar é possibilitada por diferenças de pressão instituídas mecanicamente, a ventilação passa a ser uma ventilação artificial, forçada ou mecânica.

Para o autor, a ventilação artificial é adotada sempre que os meios naturais não proporcionam o índice de renovação de ar necessário, ou, ainda, como elemento de segurança nas condições de funcionamento precário da circulação natural do ar.

A ventilação mecânica, além de não estar dependente das condições atmosféricas, apresenta as vantagens de permitir o tratamento do ar por meio de filtragem, umidificação, secagem, entre outros processos, e a sua melhor distribuição, intervenções estas que geralmente ocasionam elevadas perdas de carga na circulação do ar.

Ainda segundo Costa (2003) de acordo com o tipo de contaminação do ambiente, a ventilação mecânica estabelecida pode ser local exaustora ou geral diluidora. Na ventilação local exaustora, o ar contaminado é preso antes de se disseminar pelo ambiente, verificando-se, pela retirada do mesmo, a entrada do ar exterior de ventilação.

Uma instalação de ventilação local exaustora é constituída normalmente de: captadores representados por capelas, coifas, fendas, caixas de esmeril, bombas comuns, entre outros equipamentos, que envolvem o elemento poluidor, extraíndo o ar contaminado com o uso de separador ou coletor do material capturado através de câmaras de decantação, ciclones, filtros de pano ou eletrostáticos, lavadores, combustores, entre outros, e também de elemento mecânico para a movimentação do ar e, as necessárias canalizações para a circulação do mesmo.

Trata-se, portanto, de ventilação altamente especializada, que só é adotada, quando as fontes de contaminação são locais, como ocorre em ambientes industriais onde existem cabinas de pintura ou de jato de areia, aparelhos de solda, forjas, fogões, tanques para tratamentos químicos, esmeris, máquinas para beneficiamento

de madeira, transporte de materiais pulverulentos, misturadores, ensacadores, britadores, peneiras, silos, etc.]

Costa (2003) traz como exemplo o processo de ventilação local exaustora de uma cozinha por meio de coifa colocada sobre o fogão onde na ventilação geral diluidora, o ar exterior de ventilação é misturado com o ar viciado do ambiente, conseguindo-se, com isso, uma diluição do contaminante até limites admissíveis e saudáveis. É o tipo de ventilação normalmente empregada quando não é possível reter o contaminante antes deste se espalhar pelo recinto, como sucede nos ambientes onde a poluição está relacionada com a presença de pessoas que o ocupam ou a fontes espalhadas de calor ou contaminantes. A ventilação geral diluidora pode ser desenvolvida por insuflamento se o ambiente for limpo como por exemplo, auditórios, lojas, teatros, entre outros. Nesse caso, o ar exterior poderá ser filtrado e distribuído uniformemente no ambiente, mantendo-o a uma pressão superior à do exterior, o que evita a infiltração no mesmo de ar não-tratado.

Nas instalações de ventilação mecânica que se destinam ao conforto e que normalmente são do tipo insuflamento, o ar de renovação deve ser distribuído uniformemente sobre a totalidade da superfície do ambiente, devendo ser evitadas as correntes de ar desagradáveis, as zonas de estagnação e os curtos circuitos. Para isso a velocidade do ar na zona de ocupação deve ficar compreendida entre os limites recomendados pela normatização.

Para Costa (2003) nos casos de ventilação artificial pode-se destacar os ventiladores, que neste tipo de aplicação são geralmente do tipo centrífugo de pás voltadas para frente que atingem as pressões necessárias com menores velocidades periféricas, a qual é a principal causa de ruído deste tipo de aparelho.

2.2.1.3 Critérios de Ventilação dos Ambientes

Segundo Frota e Schiffer (2007) o primeiro critério de ventilação dos ambientes se fundamenta nas condições fundamentais de exigências humanas, que podem ser descritas como o fornecimento de oxigênio e a concentração máxima de gás carbônico presente no ar, sendo que neste último caso para proceder a diluição da sua concentração demanda maiores taxas de ventilação que o fornecimento do oxigênio.

A renovação do ar para que se processe a diluição da concentração de gás carbônico não é suficiente para que haja distribuição de odores corporais, que podem ocasionar enjoos, cefaleias e mal-estar.

Para os autores o corpo humano lança no ambiente por meio da exsudação e da respiração pelos pulmões, vapor de água, elevando o índice de umidade do ar. Como representa também fonte de calor, a presença humana interfere nas condições termo-higrométricas ambientais que precisam ser levadas em consideração no projeto de edificações.

Complementam Frota e Schiffer (2007) colocando outra função de grande importância da ventilação que é a retirada do calor dos ambientes em demasia. Quando existe ganhos de calor solar em excesso, especialmente no verão, associado ao calor originado no próprio ambiente por causa da existência de múltiplas fontes, pode surgir o desconforto térmico. Diante disso, a ventilação de ambientes como estes pode possibilitar melhorias nas condições termo-higrométricas, podendo se apresentar como um fator de conforto térmico de verão ao estimular as trocas de calor por convecção e evaporação entre o corpo e o ar interno do ambiente.

2.2.2 Refrigeração

Para Costa (2003) o processo de refrigeração consiste na manutenção de um ambiente a uma temperatura inferior a do meio ambiente. Sabe-se que a disposição natural do calor é passar do corpo quente para o corpo frio, por isso para se manter um ambiente refrigerado é imprescindível desenvolver-se um fluxo de calor em sentido contrário, o que demanda conforme o segundo princípio da termodinâmica, gasto de energia, que pode ser mecânica, calorífica ou mesmo elétrica.

De acordo com o autor a quantidade de calor a ser retirada do sistema a refrigerar, na unidade de tempo, recebe o nome de potência frigorífica ou carga térmica de refrigeração cuja unidade de medida é a frigorias por hora (fg/h), que se refere a uma quilocaloria removida ou negativa.

Na prática, a potência frigorífica é mensurada em toneladas de refrigeração (T.R.) que é a unidade que referente à quantidade de calor a ser retirada da água a

0 °C, para compor uma tonelada de gelo a 0 °C, pelo período de vinte e quatro horas.

2.2.2.1 Refrigeração Mecânica

Para Costa (2003) o processo de refrigeração mais empregado hoje em dia é a refrigeração mecânica por meio de vapores em ambientes industriais e também para aprimorar o conforto térmico. Este método consiste na produção de maneira continuada de líquido frigorífico, que por meio da vaporização, promove a necessária remoção de calor do meio a ser refrigerado.

Para se obter a vaporização de um líquido é imprescindível que a tensão de seu vapor em função da temperatura, esteja acima da pressão a qual está submetido o fluido que passa pelo processo de vaporização. Desta forma, quanto mais baixa estiver a pressão, mais baixa poderá ser a temperatura obtida no ambiente a ser refrigerado.

De acordo com Taveira (2008) para que o processo de vaporização seja contínuo, o fluido vaporizado precisa passar outra vez pelo processo de condensação. Este processo é obtido fazendo-se a vaporização em ambiente fechado com a utilização de um evaporador, no qual a pressão pode ser conservada no valor esperado, sugando-se de maneira contínua o vapor desenvolvido, por meio de um compressor. O vapor que passou pela compressão pode passar calor ao meio ambiente, através de um trocador de calor apropriado como o condensador, condensando-se outra vez.

Para a autora supra citada, diante disso uma instalação de refrigeração mecânica que utiliza vapor se fundamenta por ser um conjunto de elementos conectados em circuito fechado, com o objetivo de liquefazer o fluido refrigerante e permitir a sua vaporização contínua, em condições de pressão ajustada.

Segundo Costa (2003) as instalações de refrigeração para ar condicionado, de acordo com o tamanho e a disposição da instalação na edificação a condicionar, podem ser dos seguintes tipos:

- instalações de expansão direta com condensador a ar, usados nos condicionadores de janela e pequenas unidades centrais tipo compactas (*panckage*) que aproveitam o ciclo reverso para o aquecimento de inverno;

- instalações de expansão direta com condensador, água e com torre de arrefecimento ou condensador tipo evaporativo. São usadas nas instalações centrais de grande porte como por exemplo, lojas grandes, escritórios, cinemas, teatros, entre outros, nos quais a distribuição do frio pode ser feita facilmente pelo ar já tratado;
- instalações de expansão indireta com condensador a água e com torre de arrefecimento, ou condensador tipo evaporativo. São usadas nas instalações de grande porte em que a distribuição do frio não pode ser feita facilmente pelo ar já tratado como edifícios públicos, lojas de departamentos instaladas em vários pavimentos, shopping centers, entre outros. Nesse caso o ar evaporado serve para refrigerar água, a qual é distribuída por meio de canalização adequada para todo o prédio, onde é então aproveitada para refrigerar o ar destinado ao conforto em equipamentos chamados condicionadores de ar propriamente ditos.

Conforme analisa Moraes (2013) o condicionamento de ar está relacionado com a prefixação dos valores que representam as condições indicadas abaixo, em função dos valores que representam o conjunto de condições locais que coexistem no período de tempo no qual se considera a aplicação do processo:

- temperatura do termômetro seco;
- b) temperatura do termômetro úmido ou umidade relativa;
- c) movimentação do ar;
- d) grau de pureza do ar.

Segundo a autora acima citada, quando o condicionamento de ar tem como objetivo promover o conforto humano, os valores prefixados para a temperatura, a umidade relativa e a movimentação do ar precisam estar determinados num ponto localizado na zona de conforto estabelecida para o ambiente.

De acordo com Taveira (2008) a zona de conforto é aquela contida na zona da carta psicométrica que abrange pontos que representam a temperatura efetiva em correspondência com as condições de sensação térmica avaliada como de conforto por um grupo de indivíduos, em determinada localização, sujeitas a controle estatístico. Nas edificações designadas para atender o conforto humano existem algumas prescrições que devem ser adotadas:

- A diferença entre as temperaturas simultâneas do termômetro seco em dois pontos quaisquer do ambiente condicionado, ao nível de 1,50 m, não deve ser superior a 2°C.
- A velocidade do ar na zona de ocupação, isto é, no espaço que existe entre o piso e o nível de 1,50 m, deve ficar situado entre 1,50 e 15,0 m/mino. De maneira excepcional permite-se que sejam ultrapassados os limites acima fixados, como no caso de proximidade das grelhas de retorno e de insuflamento que, por necessidade de construção, forem localizadas abaixo do nível de 1,50 m.
- No caso de resfriamento, a diferença entre a temperatura das correntes de ar no espaço frequentado por pessoas e a temperatura média nesse espaço não deve ser superior aos seguintes valores:
 - 1,5°C para velocidades da corrente de ar menores que 12 m/min;
 - 1,0°C para velocidades da corrente de ar maiores que 12 m/mino.
- O ar deve ser continuamente filtrado e renovado. Existem valores recomendados para renovação de ar, os quais poderão ser sensivelmente reduzidos com o emprego de processos especiais de purificação tais como filtração eletrostática, carvão ativado, entre outros.
- Os níveis de ruído em ambientes condicionados provenientes das instalações de condicionamento de ar devem ser limitados conforme a finalidade de utilização do espaço.

Costa (2003) coloca que as medições de ruído são feitas com o microfone do medidor da intensidade de som colocado diante das bocas de insuflamento, de aspiração e dos condicionadores instalados no próprio recinto. Esse microfone deve estar localizado a 1,50 m do piso e num plano de perfil que passe pelo centro da boca ou do condicionador à distância horizontal de 1,50 m.

2.3 ALOJAMENTOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Conforme mostram Saurin e Formoso (2006) conquanto a maioria dos canteiros de obra utilizem predominantemente os barracos em chapas de compensado, conta-se com inúmeras possibilidades alternativas de tipologia das instalações provisórias que apresentam vantagens e desvantagens. Para qualquer

sistema empregado deve-se considerar alguns critérios relacionados a custos de aquisição, custos de implantação, custos de manutenção, reaproveitamento, durabilidade, facilidade de montagem e desmontagem, isolamento térmico e impacto visual. A importância de cada critério varia de acordo com as necessidades da obra.

Também se deve destacar que existem normas que regulamentam a utilização destas instalações, como a NR 18 - condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção em seu item 18.4 áreas de vivência (Anexo 1).

2.3.1 Alojamento Metálico

Conforme Bergamo (2012) pode-se definir alojamentos metálicos como estruturas temporárias armadas em canteiro de obras com o objetivo de ser utilizada como dormitório e banheiro para os operários. Pode-se encontrar alojamentos montáveis constituídos por peças pré-fabricadas que são disponibilizados por encomenda conforme as especificações dadas pela empresa de construção ou ainda utilizar-se contêineres que são trazidos ao canteiro de obra já prontos serem utilizados.

No caso de alojamentos metálicos, este tipo possibilita montagem e desmontagem rápidas, além de não propagarem fogo e com reaproveitamento diversas vezes.

Para Bergamo (2012) as especificações abrem a possibilidade de agrupamento dos alojamentos metálicos (container) em módulos para desenvolver estruturas com até três andares. O comprimento dos contêineres tem variação entre 1 metro a 6 metros, enquanto a largura fica limitada pela dimensão do caminhão de transporte, variando entre 2,30 metros a 2,40 metros. O pé-direito não pode ficar abaixo de 2,40 m, segundo a Norma Regulamentadora NR-18 (BRASIL, 2011).

Os dormitórios podem conter camas duplas do tipo beliche, contudo a altura livre entre as camas não podem ser menores que 0,90 m (Figura 1). O alojamento deve contar com pelo menos duas aberturas para ventilação natural, cujas dimensões juntas devem ter área equivalente a 15% da área do piso. Algumas versões possuem ar-condicionado e contam com isolamento térmico e acústico como itens adicionais, não estabelecidos pela NR-18 (BRASIL, 2011).

Segundo Bergamo (2012) a empresa de construção precisa deve atentar de maneira especial, quando pretenda alugar ou comprar alojamentos desenvolvidos a partir da adaptação de contêineres que já foram utilizados para transportar cargas. Diante dessa situação a construtora deve disponibilizar no canteiro de obra um laudo técnico que ateste a ausência de riscos químicos, biológicos e físicos aos usuários. Este laudo deve ser dado por profissional legalmente habilitado e deve conter a identificação da empresa que procedeu à adaptação do contêiner para estas finalidades.



Figura 1 – Alojamento metálico - Dormitório

Fonte: <http://construcaomercado.pini.com.br>

2.3.2 Container

Segundo Saurin e Formoso (2006) o uso de containers no setor da construção em países desenvolvidos é uma prática recorrente e, tem sido adotada

como alternativa há muito tempo em obras de montagem industrial e grandes empreendimentos.

Contudo no Brasil, mesmo que atualmente tenha se disseminado a utilização de containers em obras de edificações residenciais e comerciais, essa alternativa ainda se considera como prática minoritária em comparação com a utilização de barracos em madeira.

2.3.2.1 Conforto térmico

Conforme colocam Saurin e Formoso (2006) não obstante haja a opção de comprar containers que já contam com isolamento térmico, o custo elevado desta opção torna sua escolha rara dando origem a principal reclamação dos operários em relação ao sistema: as temperaturas internas são muito altas nos dias mais quentes. Para que se possa minimizar este problema, pode-se adotar algumas medidas simples como por exemplo, pintura externa em cor branca, colocação de telhado sobre o *container* e, conforme traz a NR-18, adoção de ventilação natural com área mínima de 15% da área do piso, composta pela colocação de, no mínimo, duas aberturas.

Associada aos requisitos de ventilação, a NR-18 traz outras exigências de grande importância relacionadas aos containers:

- a estrutura dos containers deve ser aterrada eletricamente, prevenindo contra a possibilidade de choques elétricos;
- containers originalmente utilizados para transporte e/ou acondicionamento de cargas devem possuir atestado de salubridade em relação a riscos químicos, biológicos e radioativos, apresentando também o nome e CNPJ da empresa responsável pela adaptação.

Para Saurin e Formoso (2006) mesmo em face dos altos custos de aquisição e das dificuldades de manutenção de níveis aceitáveis de conforto térmico, os containers utilizados como alojamento apresentam inúmeras vantagens, tais como a rapidez no processo de montagem e desmontagem, reaproveitamento total da estrutura e a possibilidade de múltiplos arranjos internos.

Os autores acima citados destacam que as dimensões comuns dos containers disponibilizados no mercado são 2,4 m x 6,0 m e 2,4 m x 12,0 m, ambos

com altura de 2,60 m. São inúmeros fornecedores atuando no mercado tanto para locação quanto para venda, podendo-se encontrar opções de entrega do container já montado ou apenas de seus componentes para montagem no canteiro de obra. Nos casos específicos da necessidade de empilhamento de unidades (Figura 2), a colocação depósitos de materiais no módulo térreo teve ser priorizada para desta forma, facilitar o acesso.



Figura 2 – Containers empilhados
Fonte: Saurin e Formoso (2006, p. 54).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta pesquisa optou-se pela realização de uma pesquisa, afim de adquirir conhecimentos necessário a respeito da utilização de containers metálico como alojamento em canteiros de obras no município de Curitiba – PR e região metropolitana, e o seu nível de conforto térmico.

A pesquisa foi elaborada em três tipos distintos de containers metálicos, conforme apresentados a seguir:

- Container marítimo

Os containers marítimos são aqueles que as empresas especializadas no transporte de carga julgam não ser mais úteis para tal finalidade (Figura 3), e são reutilizados em outras atividades, como por exemplo, alojamento em canteiros de obras conforme a Figura 4.



Figura 3 – Containers de Carga

Fonte: A autoria

A Figura 3 demonstra a principal utilização dos containers: armazenamento e transporte de carga, principalmente no modal marítimo.



Figura 4 – Containers Marítimo

Fonte: A autoria

A Figura 4 apresenta uma das utilizações secundárias dos containers marítimo: alojamento em canteiros de obras.

Usualmente os containers marítimos possuem 240 cm de largura com 250 cm de altura e 600 cm de comprimento, isso devido as dimensões das carretas que fazem o transporte dos mesmos. A Figura 4 apresenta dois containers em um canteiro de obra na região metropolitana de Curitiba-PR, um é utilizado como alojamento o outro como escritório.

- Container Convencional Simples

O container convencional simples é aquele cujo uma empresa especializada m container fabrica com material metálico, com dimensões semelhantes ao do container marítimo, sendo sua principal finalidade a utilização como alojamento em canteiro de obra, conforme demonstra a Figura 5.



Figura 5 – Containers Convencional Simples

Fonte: A autoria

Normalmente este tipo de container já é fabricado prevendo instalações elétrica, hidráulicas e sanitárias quando necessário, diferentemente do que ocorre com os containers marítimo.

A Figura 5 apresenta um container num canteiro de obra na região norte de Curitiba, o mesmo é utilizado como almoxarifado.

- Container Convencional Duplo

O container denominado de convencional duplo é aquele destinado para utilizar como alojamento em canteiro de obra, entretanto com dimensões não padronizadas. A Figura 6 apresenta o container convencional duplo, cercado por containers convencionais simples.



Figura 6 – Containers Convencional Duplo

Fonte: A autoria

Este tipo de container é normalmente utilizado com o intuito de ampliar a área útil do alojamento. O container convencional duplo apresentado na Figura 6, possui 250 cm de altura, 500 cm de largura e 600 cm de comprimento.

Os resultados das medições realizadas em 2 canteiros de obra na região norte de Curitiba-PR e 1 em São José dos Pinhais-PR, foram obtidos utilizando um medidor de stress térmico modelo TGD 400 da marca Instrutherm, conforme apresentado na Figura 7.

INSTRUTHERM

MANUAL DE INSTRUÇÕES



MEDIDOR DE STRESS TÉRMICO MODELO: TGD-400

Figura 7 – Medidor de Stress Térmico
Fonte: Instrutherm

É importante salientar quanto a leitura do manual de instrução do aparelho, para o bom manuseio e uso do mesmo, bem como a obtenção de melhores resultados.

As medições foram realizadas externamente, com o intuito de se obter as condições térmicas do ambiente (Figura 8), e no interior dos containers (Figura 9), para posterior avaliação e comparação.

O aparelho permanecia ligado durante 30 minutos, para que o mesmo estabilizasse, somente após este período era efetuada a leitura dos parâmetros necessários.

O medidor de stress térmico TGD 400 fornece os seguintes parâmetros:

- Temperatura do termômetro de Bulbo Úmido;
- Temperatura do termômetro de Bulbo Seco;
- Temperatura do termômetro de Globo;
- Ponto de condensação;
- IBUTG interno;
- IBUTG externo;
- Índice de aquecimento;
- Velocidade do vento.

De acordo com a Norma Regulamentadora 15, o limite de tolerância para exposição ao calor deve ser avaliado através do "Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo" – IBUTG.

As medições externas eram efetuadas próximo ao container estudado, num raio máximo de 2,00 metros, conforme apresentado na Figura 8.



Figura 8 – Medição externa

Fonte: A autoria

A Figura 8 apresenta o momento da avaliação externa no container convencional simples, na região norte de Curitiba-PR.

Já as medições no interior do container eram executadas a aproximadamente 1,50 metros de altura em relação ao piso, e o mais próximo possível do centro do container, conforme Figura 9.



Figura 9 – Medição interna

Fonte: A autoria

Nas medições internas, é importante verificar se todas as aberturas (portas, janelas e etc) estão bem fechadas, isso em função de se obter os resultados nas condições térmicas mais desfavoráveis ao trabalhador.

É importante ressaltar que todos os containers avaliados nas medições estavam totalmente vazios e não possuía nenhum dispositivo capaz de amenizar o efeito de altas temperaturas.

4 APRESENTAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão expostos os resultados referente as condições térmicas dos containers avaliados, obtidos pela combinação dos fatores apresentados no capítulo anterior.

4.1 CONTAINER MARITIMO

As medições realizadas no container marítimo foram executadas na região de São José dos Pinhais-PR no dia 08 de Fevereiro de 2014 no período da tarde. E os resultados obtidos estão expostos na Tabela 2.

Tabela 2 – Dados Container Marítimo

Data	Período	Temperatura	Termômetro Bulbo úmido	Termômetro Bulbo seco	Termômetro Globo	Ponto de condensação	IBGTU interno	IBGTU externo	Índice de aquecimento	Vento
08/02/14	Tarde	Interno	23,70 °c	34,50 °c	35,10 °c	19,00 °c	27,10 °c	27,00 °c	36,50 °c	0,00 m/s
		Externo	20,40 °c	32,60 °c	34,70 °c	13,80 °c	24,60 °c	24,40 °c	31,80 °c	0,00 m/s

Fonte: Autor

Pode-se perceber pelos dados expostos nas tabelas acima, que as condições de conforto térmico no interior do container mostradas pelos itens mensurados demonstram que dentro deste alojamento o IBUTG interno aumentou 10,2%.

Segundo a NR-15 o limite do IBUTG para trabalho leve em regime contínuo é 30°C, sendo que no container estudado o máximo obtido foi 27,1°C, abaixo do limite de tolerância.

4.2 CONTAINER CONVENCIONAL DUPLO

As medições realizadas no container convencional duplo foram executadas na região norte de Curitiba-PR no dia 19 de Março de 2014 no período da manhã. E os resultados obtidos estão expostos na

Tabela 3 – Dados Container Convencional Duplo

Data	Período	Temperatura	Termômetro Bulbo úmido	Termômetro Bulbo seco	Termômetro Globo	Ponto de condensação	IBGTU interno	IBGTU externo	Índice de aquecimento	Vento
19/03/14	Manhã	Interno	22,50 °c	26,90 °c	26,80 °c	20,60 °c	23,70 °c	23,80 °c	28,50 °c	0,00 m/s
		Externo	22,00 °c	27,20 °c	29,70 °c	19,60 °c	24,40 °c	24,10 °c	28,50 °c	0,00 m/s

. Fonte: Autor

Analisando-se os dados contidos nas tabelas 3 e 4 percebe-se que neste o índice de aquecimento manteve-se o mesmo, demonstrando que este tipo de instalação apresenta-se em conformidade com a NR18. A variação de IBGTU foi mínima e se encontra dentro dos parâmetros trazidos pela NR 15 anexo 3 que se refere a limites de tolerância para exposição ao calor adaptado para este tipo de situação pelo preconizado para trabalho contínuo leve que é de até 30,0 C°.

4.3 CONTAINER CONVENCIONAL SIMPLES

Foram realizadas seis medições na região norte de Curitiba-PR, sendo uma no dia 19 de março de 2014 no período da tarde, 20 de março de 2014 no período da manhã, dia 5 de abril de 2014 foram duas medições no período da manhã e uma à tarde, e uma no dia 07 de abril no período da tarde. Onde foram obtidos os seguintes resultados.

Tabela 4 – Dados Container Convencional Simples

Data	Período	Temperatura	Termômetro Bulbo úmido	Termômetro Bulbo seco	Termômetro Globo	Ponto de condensação	IBGTU interno	IBGTU externo	Índice de aquecimento	Vento
19/03/14	Tarde	Interno	24,70 °c	32,80 °c	32,60 °c	21,50 °c	27,00 °c	27,00 °c	36,30 °c	0,00 m/s
		Externo	22,00 °c	27,20 °c	29,70 °c	19,60 °c	24,40 °c	24,10 °c	28,50 °c	0,00 m/s
20/03/14	Manhã	Interno	20,90 °c	22,50 °c	23,10 °c	20,10 °c	21,50 °c	21,50 °c	21,60 °c	0,00 m/s
		Externo	19,10 °c	20,10 °c	21,70 °c	18,50 °c	19,80 °c	19,70 °c	0,00 °c	1,90 m/s
05/04/14	Manhã	Interno	22,20 °c	27,40 °c	28,10 °c	19,90 °c	23,90 °c	23,90 °c	29,00 °c	0,00 m/s
		Externo	17,30 °c	21,70 °c	23,20 °c	16,00 °c	19,80 °c	19,90 °c	22,90 °c	0,00 m/s
05/04/14	Manhã	Interno	23,40 °c	29,60 °c	33,10 °c	20,80 °c	26,40 °c	26,00 °c	32,00 °c	0,00 m/s
		Externo	18,40 °c	22,80 °c	25,70 °c	16,20 °c	20,70 °c	20,40 °c	24,40 °c	0,30 m/s
05/04/14	Tarde	Interno	26,10 °c	35,40 °c	34,70 °c	23,20 °c	28,60 °c	28,70 °c	37,10 °c	0,00 m/s
		Externo	19,00 °c	24,30 °c	26,50 °c	16,80 °c	22,80 °c	22,50 °c	25,60 °c	0,20 m/s
07/04/14	Tarde	Interno	27,80 °c	37,80 °c	36,10 °c	24,70 °c	29,60 °c	29,80 °c	38,20 °c	0,00 m/s
		Externo	20,80 °c	25,60 °c	27,80 °c	18,20 °c	22,80 °c	22,70 °c	26,70 °c	0,00 m/s

Fonte: Autor

Pode-se perceber pelos dados expostos nas tabelas acima, que as condições de conforto térmico no interior dos containers mostradas pelos itens mensurados, demonstram que em todas as medições o IBUTG dentro dos containers é menor que fora dos mesmos, sendo que o mais significativo foi no dia 07 de abril 2014 no período da tarde onde a o IBUTG aumentou cerca de 31% em relação ao IBUTG no interior do container, e o mínimo observado foi 8,5% no dia 20/03/14 no período da manhã, provavelmente por ser no período da manhã onde as condições climáticas são mais amenas e por ter corrente de ar no momento da medição, cerca de 1,90 m/s.

4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Levando-se em consideração que o clima de Curitiba e região metropolitana é bastante improvável, e que o nível de insolação da região é pequena pode-se concluir sobre a índice de aquecimento a partir das medições realizadas em dias e períodos distintos o que é colocado na Figura 10 a seguir.

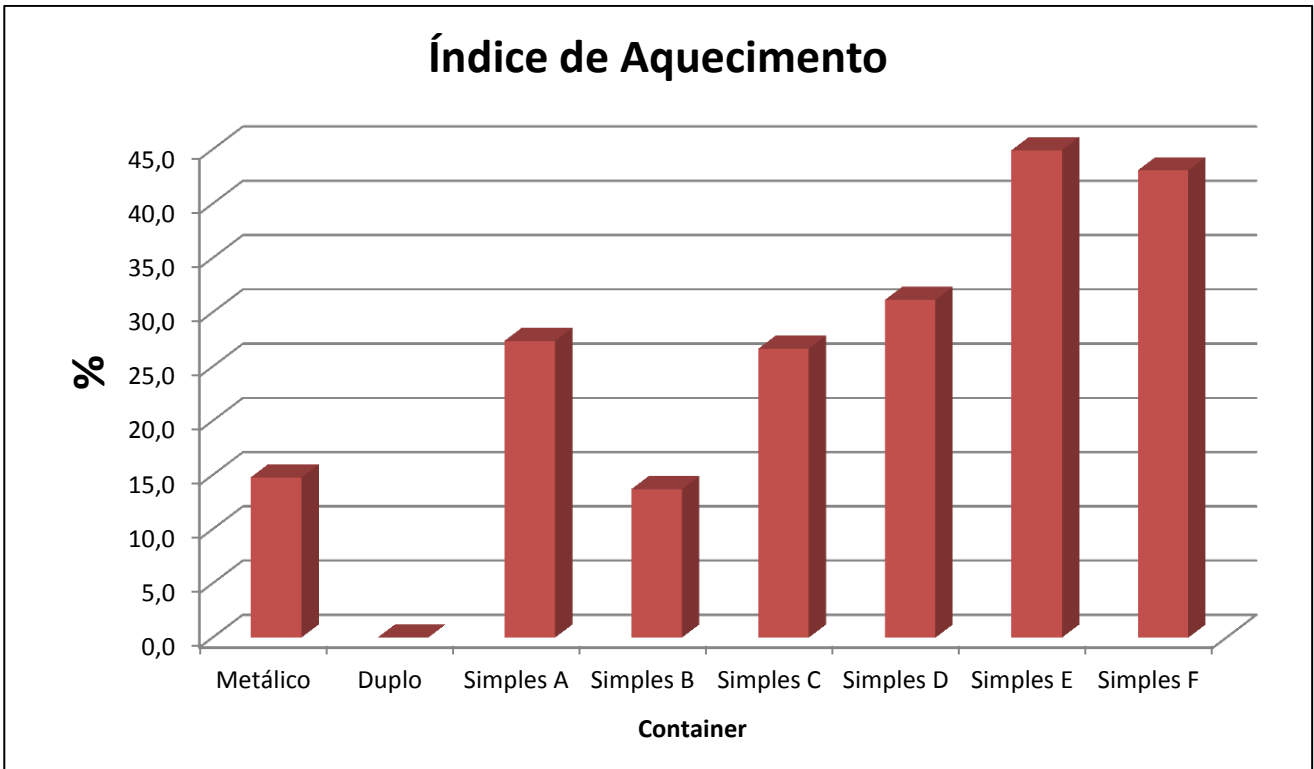


Figura 10 – Variação do índice de aquecimento

Fonte: O autor

Pode-se perceber que a maior variação do índice de aquecimento no interior dos alojamentos foi nos containers metálicos convencionais simples, onde uma das medições apontou acréscimo de temperatura de 44,92%. Nesta análise desprezaram-se os índices obtidos no dia 7 de abril de 2014 devido a não ter havido exposição solar adequada para se efetivar a medição.

Com relação aos limites de tolerância para exposição ao calor, nesta análise procurou-se adaptar o Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo – IBUTG que a NR 15 em seu anexo 3 define com relação ao descanso no próprio local de trabalho segundo o quadro 2 (BRASIL, 2011).

Tabela 5 – IBUTG de acordo com o regime e tipo de atividade

REGIME DE TRABALHO INTERMITENTE COM DESCANSO NO PRÓPRIO LOCAL DE TRABALHO (por hora)	Tipo de atividade		
	Leve	Moderada	Pesada
Trabalho contínuo	até 30,0	até 26,7	até 25,0
45 minutos trabalho	30,1 a 30,5	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9
15 minutos descanso			
30 minutos trabalho	30,7 a 31,4	28,1 a 29,4	26,0 a 27,9
30 minutos descanso			
15 minutos trabalho	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,0 a 30,0
45 minutos descanso			
Não é permitido o trabalho, sem a adoção de medidas adequadas de controle	acima de 32,2	acima de 31,1	acima de 30,0

Fonte: NR-15

Desta forma, a referida norma coloca que a exposição ao calor deve ser avaliada através do índice citado acima, que se adaptou no destacado em vermelho adotando-o como índice máximo para que os empregados possam utilizar os alojamentos com conforto.

Os IBUTG internos dos containers analisados se comportam conforme a Figura 11.

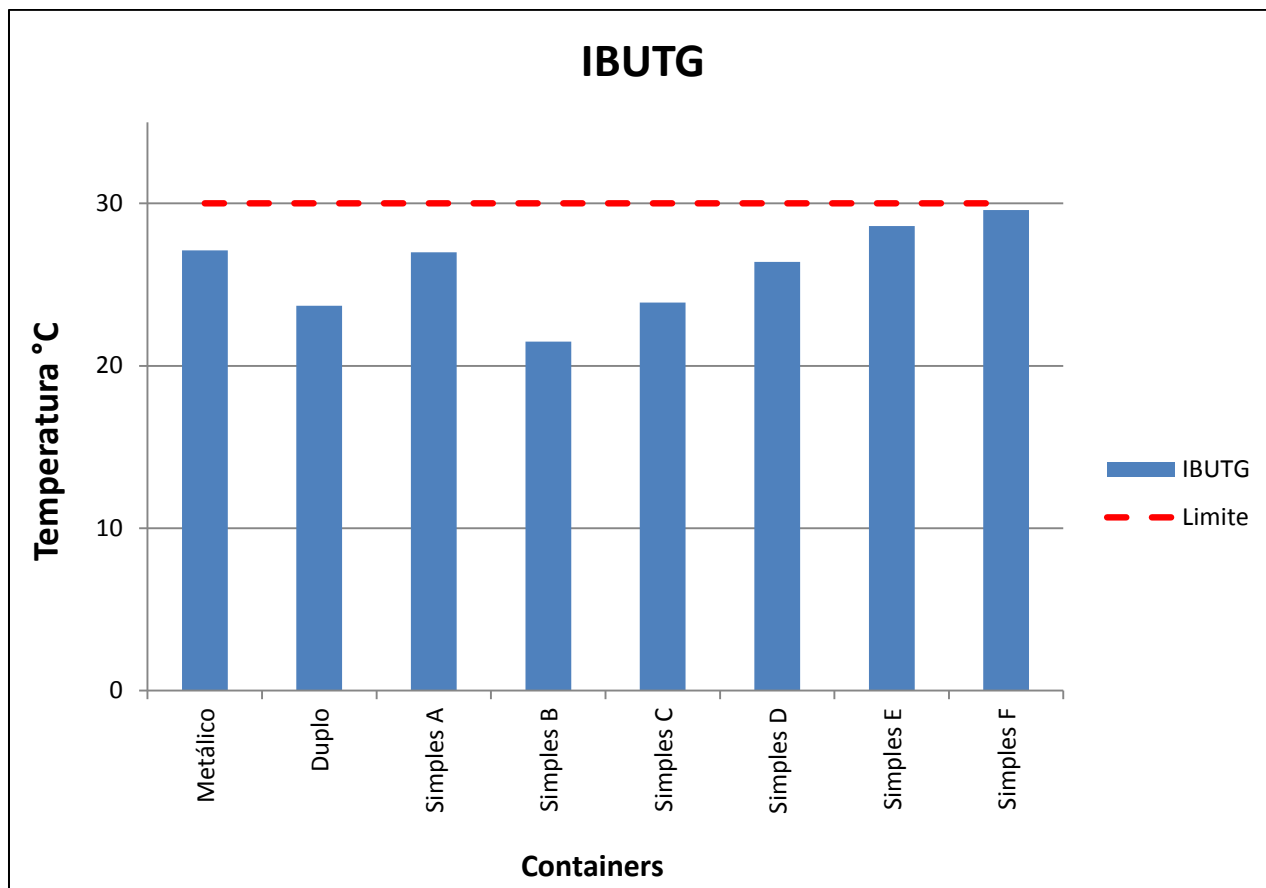


Figura 11 – IBUTG no interior dos containers

Fonte: O autor

Pode-se perceber que os containers com relação a este quesito se encontram em conformidade com a NR 15, ou seja, abaixo de 30°C para trabalho leve em regime contínuo, contudo pode-se perceber na Figura 11 que os containers convencionais simples apresentam os maiores índices de IBUTG, de onde se pode sugerir que são os menos adaptados para servir de alojamento e lugar de descanso para os trabalhadores.

Os mesmos tipos de containers apresentam também maiores variações dos índices de aquecimentos de onde se pode presumir que necessitem de adaptações para atender as necessidades de conforto térmico aos trabalhadores.

Deve-se, contudo salientar que as condições climáticas da região de Curitiba tornam as medições de difícil obtenção, visto que a maior parte dos dias a referida região não apresenta insolação que propicie analisar as condições de conforto térmico condizentes com a época do ano.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir dos resultados obtidos com as medições feitas em três tipos de containers em canteiros de obra pode-se perceber que as instalações atendem a normatização da NR – 18 para alojamentos, contudo, determinaram as probabilidades de ocorrência de inconformidade em relação ao conforto térmico, pois para os containers convencionais simples mostraram índices elevados de aquecimento e de Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo – IBUTG. Esta conclusão leva em consideração a época e o local da pesquisa.

Os dados coletados mostraram também que os containers convencionais duplo apresentam as melhores condições de conforto térmico para serem utilizados como alojamento para os trabalhadores nos canteiros de obras analisados, provavelmente por possuir uma área maior.

Diante disso acredita-se que os containers que apresentam não conformidades poderiam utilizar a ventilação natural como estratégia bioclimática, pois se notou que alguns deles não apresentam as aberturas preconizadas pela norma. Assim, um projeto adequado de ventilação natural, observando-se as condições climáticas e condições de vento locais podem apresentar ótimos resultados para a adequação dos alojamentos. Contudo, nas medições pode-se observar a quase ausência dos ventos, e em função da complexidade das condições climáticas se torna difícil definir de maneira correta as necessidades em termos de velocidade e direção do vento que possa atuar como intensificador do conforto térmico nestas instalações.

Nesta pesquisa pode-se verificar a influência das fontes externas de calor existentes e comprovar o efeito da referida influência no índice de aquecimento e Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo, tanto no caso de containers marítimos quanto containers convencionais.

Percebeu-se ao longo da pesquisa bibliográfica que o problema de controle de conforto térmico em edificações localizadas em uma única zona térmica sem equipamentos de climatização é bastante difícil porque está relacionada a aspectos climáticos que independem de controle.

Conclui-se que os **containers** são elementos adaptáveis e flexíveis para atender às mais distintas utilizações, possuindo um sistema prático de montagem e desmontagem, facilidade de transporte, possibilitando que a mobilização seja feita

em um curto período de tempo. Isto, associado a possibilidade de aproveitamento total do material, durabilidade, facilidade de modificação e rápida manutenção possibilitam uma elevada relação de custo e benefício em comparação com as construções de madeira ou alvenaria em situações que demandam constantes mudanças, e por isso são muito utilizados.

Contudo, em atendimento ao objetivo geral deste estudo, este tipo de alojamento deve atender às exigências da NR-18, de pé-direito mínimo de 2,40 m, beliches com 0,90 m de altura entre as camas e aberturas para ventilação com dimensão equivalente a 15% da área do piso.

É possível afirmar que referente ao conforto térmico no interior dos contêineres na maioria dos casos precisa ser complementado por um isolamento térmico representado pela cobertura com telhado verde, utilização de pintura ou sistema de refrigeração como ar condicionado, porque a chapa metálica da qual é constituído não consegue atender a esses quesitos. Essas intervenções visando a melhoria do conforto térmico acabam refletindo no custo do mesmo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR15220: desempenho térmico de edificações: parte 2: métodos de cálculo de transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005.

BIGLIA, Mariana Pau e COELHO, Victor Borges Luis. Avaliação das condições de conforto térmico dos cobradores nas estações-tubo de Curitiba. Trabalho de Conclusão de Curso. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2010.

BÉRGAMO, Luis Ricardo. Alojamento metálico. Edição 136 - Novembro/2012. Disponível em: <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/136/alojamento-metalico-decisao-entre-compra-ou-locacao-deve-ponderar-299746-1.aspx>. Acesso feito em fev./2014.

BRASIL. NR 18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. Brasília: MTE, 2011. Disponível em: http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D3226A41101323B2D85655895/nr_18.pdf. Acesso feito em mar./2014.

BRASIL. NR 15 - Atividades e Operações Insalubres. Brasília: MTE, 2011. Disponível em: [http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DF396CA012E0017BB3208E8/NR-15%20\(atualizada_2011\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DF396CA012E0017BB3208E8/NR-15%20(atualizada_2011).pdf). Acesso feito em mar./2014.

CENGEL, Y. A. Heat and mass transfer – A practical approach. 3 ed. Nova York: MMcGraw-Hill, 2007.

COSTA, Ennio Cruz da. Física aplicada à construção – conforto térmico. 4 ed. São Paulo: Blücher, 2003.

FIEDLER, Nilton C.; VENTUROLI, Fábio e MINETTI, Luciano J.. Análise de fatores ambientais em marcenarias no Distrito Federal. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v. 10, n. 3, p. 679–685, 2006.

FROTA, Anésia B. e SCHIFFER, Sueli R. Manual do conforto térmico. São Paulo: Studio Nobel, 2007.

GARCIA, Eduardo Alfonso Cadavid. Manual de sistematização e normalização de documentos técnicos. São Paulo: Atlas, 1998.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

LAKATOS, Eva Maria e MARCONI, Marina de Andrade. Metodologia do Trabalho Científico. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1987.

_____. Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1996.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano e PEREIRA, Fernando O. R. Eficiência energética na arquitetura. São Paulo: PW, 1997.

LIPING, W., HIEN, W. N. The impacts of ventilation strategies and façade on indoor thermal environment for naturally ventilated residential buildings in Singapore. *Building and Environment*, v. 42, p. 4006-4015, 2007.

MATTOS, Ubirajara Aluizio de Oliveria e MÁSCULO, Francisco Soares (orgs.) Higiene e segurança do trabalho. Rio de Janeiro: Elsevier/Abepro, 2011.

MAZON, Ana Amélia Oliveira; SILVA, Rodolfo Gonçalves Oliveira da and SOUZA, Henor Artur de. Ventilação natural em galpões: o uso de lanternins nas coberturas. *Rev. Esc. Minas*, v. 59, n. 2, p. 179-184, 2006.

MORAES, Carmelina Suquerê de. Análise de medidas para efficientização e uso racional da energia elétrica em condicionadores de ar. Dissertação de Mestrado. Cuiabá: Universidade Federal de Mato Grosso, 2013.

PINTO, Maryana de Souza. Análise de desempenho térmico e consumo de energia – Estudo de caso em hotelaria. Dissertação de Mestrado. Goiania: UFG, 2008.

SAURIN, Tarcisio Abreu e FORMOSO, Carlos Torres. Planejamento de Canteiros de Obra e Gestão de Processos. Porto Alegre: ANTAC, 2006.

SCHMID, Aloísio Leoni. A ideia de conforto: reflexões sobre o ambiente construído. Curitiba: Pacto Ambiental, 2005.

SOUZA, Selene M. A. GUELLI, U. Apostila do Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho - Sobrecarga Térmica e Temperaturas Baixas. Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2003.

SOUZA, Henor Artur de e RODRIGUES, Luciano Souza. Ventilação natural como estratégia para o conforto térmico em edificações. *REM: R. Esc. Minas. Ouro Preto*, v. 65, n. 2, p. 189-194, abr./jun./2012.

SPILLERE, Julie Ingrid e FURTADO, Taise Spadari. Estresse ocupacional causado pelo calor. Monografia de Especialização. Craciúma: Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, 2007.

VERDUSSEN, Roberto. Ergonomia: a racionalização humanizada do trabalho. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1978.

TAVEIRA, Sanne Bontempo. Sistema de Ventilação com Resfriador de Ar Experimental. Monografia de Conclusão de Curso. Brasília: UniCEUB, 2008.

ANEXOS

ANEXO A – NR 18 CONDIÇÕES E MEIO AMBIENTE DE TRABALHO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

NR 18 - CONDIÇÕES E MEIO AMBIENTE DE TRABALHO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

18.4 Áreas de Vivência

18.4.1. Os canteiros de obras devem dispor de:

- a) instalações sanitárias;
- b) vestiário;
- c) alojamento;
- d) local de refeições;
- e) cozinha, quando houver preparo de refeições;
- f) lavanderia;
- g) área de lazer;
- h) ambulatório, quando se tratar de frentes de trabalho com 50 (cinquenta) ou mais trabalhadores.

18.4.1.1. O cumprimento do disposto nas alíneas "c", "f" e "g" é obrigatório nos casos onde houver trabalhadores alojados.

18.4.1.2. As áreas de vivência devem ser mantidas em perfeito estado de conservação, higiene e limpeza.

18.4.1.3. Instalações móveis, inclusive contêineres, serão aceitas em áreas de vivência de canteiro de obras e frentes de trabalho, desde que, cada módulo: *(Alterado pela Portaria SIT n.º 30, de 13 de dezembro de 2000)*

- a) possua área de ventilação natural, efetiva, de no mínimo 15% (quinze por cento) da área do piso, composta por,
 - no mínimo, duas aberturas adequadamente dispostas para permitir eficaz ventilação interna;
- b) garanta condições de conforto térmico;
- c) possua pé direito mínimo de 2,40m (dois metros e quarenta centímetros);
- d) garanta os demais requisitos mínimos de conforto e higiene estabelecidos nesta NR;

e) possua proteção contra riscos de choque elétrico por contatos indiretos, além do aterramento elétrico.

18.4.1.3.1 Nas instalações móveis, inclusive contêineres, destinadas a alojamentos com camas duplas, tipo beliche, a

altura livre entre uma cama e outra é, no mínimo, de 0,90m (noventa centímetros). *(Incluído pela Portaria SIT n.º*

30, de 13 de dezembro de 2000)

18.4.1.3.2 Tratando-se de adaptação de contêineres, originalmente utilizados no transporte ou acondicionamento de

cargas, deverá ser mantido no canteiro de obras, à disposição da fiscalização do trabalho e do sindicato profissional,

laudo técnico elaborado por profissional legalmente habilitado, relativo a ausência de riscos químicos, biológicos e

físicos (especificamente para radiações) com a identificação da empresa responsável pela adaptação. *(Incluído pela*

Portaria SIT n.º 30, de 13 de dezembro de 2000)

18.4.2 Instalações Sanitárias

18.4.2.1 Entende-se como instalação sanitária o local destinado ao asseio corporal e/ou ao atendimento das

necessidades fisiológicas de excreção.

18.4.2.2 É proibida a utilização das instalações sanitárias para outros fins que não aqueles previstos no subitem

18.4.2.1.

18.4.2.3 As instalações sanitárias devem:

- a) ser mantidas em perfeito estado de conservação e higiene;
- b) ter portas de acesso que impeçam o devassamento e ser construídas de modo a manter o resguardo conveniente;
- c) ter paredes de material resistente e lavável, podendo ser de madeira;
- d) ter pisos impermeáveis, laváveis e de acabamento antiderrapante;
- e) não se ligar diretamente com os locais destinados às refeições;
- f) ser independente para homens e mulheres, quando necessário;
- g) ter ventilação e iluminação adequadas;
- h) ter instalações elétricas adequadamente protegidas;

i) ter pé-direito mínimo de 2,50m (dois metros e cinqüenta centímetros), ou respeitando-se o que determina o

Código de Obras do Município da obra;

j) estar situadas em locais de fácil e seguro acesso, não sendo permitido um deslocamento superior a 150 (cento e

cinquenta) metros do posto de trabalho aos gabinetes sanitários, mictórios e lavatórios.

18.4.2.4 A instalação sanitária deve ser constituída de lavatório, vaso sanitário e mictório, na proporção de 1 (um)

conjunto para cada grupo de 20 (vinte) trabalhadores ou fração, bem como de chuveiro, na proporção de 1 (uma)

unidade para cada grupo de 10 (dez) trabalhadores ou fração.

18.4.2.5 Lavatórios

18.4.2.5.1 Os lavatórios devem:

- a) ser individual ou coletivo, tipo calha;
- b) possuir torneira de metal ou de plástico;
- c) ficar a uma altura de 0,90m (noventa centímetros);
- d) ser ligados diretamente à rede de esgoto, quando houver;
- e) ter revestimento interno de material liso, impermeável e lavável;
- f) ter espaçamento mínimo entre as torneiras de 0,60m (sessenta centímetros), quando coletivos;
- g) dispor de recipiente para coleta de papéis usados.

18.4.2.6 Vasos sanitários

18.4.2.6.1. O local destinado ao vaso sanitário (gabinete sanitário) deve:

- a) ter área mínima de 1,00m² (um metro quadrado);
- b) ser provido de porta com trinco interno e borda inferior de, no máximo, 0,15m (quinze centímetros) de altura;
- c) ter divisórias com altura mínima de 1,80m (um metro e oitenta centímetros);
- d) ter recipiente com tampa, para depósito de papéis usados, sendo obrigatório o fornecimento de papel higiênico.

18.4.2.6.2 Os vasos sanitários devem:

- a) ser do tipo bacia turca ou sifonado;
- b) ter caixa de descarga ou válvula automática;

c) ser ligado à rede geral de esgotos ou à fossa séptica, com interposição de sifões hidráulicos.

18.4.2.7 Mictórios

18.4.2.7.1 Os mictórios devem:

- a) ser individual ou coletivo, tipo calha;
- b) ter revestimento interno de material liso, impermeável e lavável;
- c) ser providos de descarga provocada ou automática;
- d) ficar a uma altura máxima de 0,50m (cinquenta centímetros) do piso;
- e) ser ligado diretamente à rede de esgoto ou à fossa séptica, com interposição de sifões hidráulicos.

18.4.2.7.2 No mictório tipo calha, cada segmento de 0,60m (sessenta centímetros) deve corresponder a um mictório tipo cuba.

18.4.2.8 Chuveiros

18.4.2.8.1 A área mínima necessária para utilização de cada chuveiro é de 0,80m² (oitenta decímetros quadrados), com altura de 2,10m (dois metros e dez centímetros) do piso.

18.4.2.8.2 Os pisos dos locais onde forem instalados os chuveiros devem ter caimento que assegure o escoamento da água para a rede de esgoto, quando houver, e ser de material antiderrapante ou provido de estrados de madeira.

18.4.2.8.3 Os chuveiros devem ser de metal ou plástico, individuais ou coletivos, dispendo de água quente.

18.4.2.8.4 Deve haver um suporte para sabonete e cabide para toalha, correspondente a cada chuveiro.

18.4.2.8.5 Os chuveiros elétricos devem ser aterrados adequadamente.

18.4.2.9 Vestiário

18.4.2.9.1 Todo canteiro de obra deve possuir vestiário para troca de roupa dos trabalhadores que não residem no local.

18.4.2.9.2 A localização do vestiário deve ser próxima aos alojamentos e/ou à entrada da obra, sem ligação direta com o local destinado às refeições.

18.4.2.9.3 Os vestiários devem:

- a) ter paredes de alvenaria, madeira ou material equivalente;
- b) ter pisos de concreto, cimentado, madeira ou material equivalente;
- c) ter cobertura que proteja contra as intempéries;
- d) ter área de ventilação correspondente a 1/10 (um décimo) de área do piso;
- e) ter iluminação natural e/ou artificial;
- f) ter armários individuais dotados de fechadura ou dispositivo com cadeado;
- g) ter pé-direito mínimo de 2,50m (dois metros e cinquenta centímetros), ou respeitando-se o que determina o Código de Obras do Município, da obra;
- h) ser mantidos em perfeito estado de conservação, higiene e limpeza;
- i) ter bancos em número suficiente para atender aos usuários, com largura mínima de 0,30m (trinta centímetros).

18.4.2.10 Alojamento

18.4.2.10.1 Os alojamentos dos canteiros de obra devem:

- a) ter paredes de alvenaria, madeira ou material equivalente;
- b) ter piso de concreto, cimentado, madeira ou material equivalente;
- c) ter cobertura que proteja das intempéries;
- d) ter área de ventilação de no mínimo 1/10 (um décimo) da área do piso;
- e) ter iluminação natural e/ou artificial;
- f) ter área mínima de 3,00m² (três metros) quadrados por módulo cama/armário, incluindo a área de circulação;
- g) ter pé-direito de 2,50m (dois metros e cinquenta centímetros) para cama simples e de 3,00m (três metros) para camas duplas;
- h) não estar situados em subsolos ou porões das edificações;
- i) ter instalações elétricas adequadamente protegidas.

18.4.2.10.2 É proibido o uso de 3 (três) ou mais camas na mesma vertical.

18.4.2.10.3 A altura livre permitida entre uma cama e outra e entre a última e o teto é de, no mínimo, 1,20m (um metro e vinte centímetros).

18.4.2.10.4 A cama superior do beliche deve ter proteção lateral e escada.

18.4.2.10.5 As dimensões mínimas das camas devem ser de 0,80m (oitenta centímetros) por 1,90m (um metro e noventa centímetros) e distância entre o ripamento do estrado de 0,05m (cinco centímetros), dispondo ainda de

colchão com densidade 26 (vinte e seis) e espessura mínima de 0,10m (dez centímetros).

18.4.2.10.6 As camas devem dispor de lençol, fronha e travesseiro em condições adequadas de higiene, bem como cobertor, quando as condições climáticas assim o exigirem.

18.4.2.10.7 Os alojamentos devem ter armários duplos individuais com as seguintes dimensões mínimas:

a) 1,20m (um metro e vinte centímetros) de altura por 0,30m (trinta centímetros) de largura e 0,40m (quarenta centímetros) de profundidade, com separação ou prateleira, de modo que um compartimento, com a altura de 0,80m (oitenta centímetros), se destine a abrigar a roupa de uso comum e o outro compartimento, com a altura de 0,40m (quarenta centímetros), a guardar a roupa de trabalho; ou

b) 0,80m (oitenta centímetros) de altura por 0,50m (cinquenta centímetros) de largura e 0,40m (quarenta centímetros) de profundidade com divisão no sentido vertical, de forma que os compartimentos, com largura de 0,25m (vinte e cinco centímetros), estabeleçam rigorosamente o isolamento das roupas de uso comum e de trabalho.

18.4.2.10.8 É proibido cozinhar e aquecer qualquer tipo de refeição dentro do alojamento.

18.4.2.10.9 O alojamento deve ser mantido em permanente estado de conservação, higiene e limpeza.

18.4.2.10.10 É obrigatório no alojamento o fornecimento de água potável, filtrada e fresca, para os trabalhadores por meio de bebedouros de jato inclinado ou equipamento similar que garanta as mesmas condições, na proporção de 1 (um) para cada grupo de 25 (vinte e cinco) trabalhadores ou fração.

18.4.2.10.11 É vedada a permanência de pessoas com moléstia infecto-contagiosa nos alojamentos.

18.4.2.11. Local para refeições

18.4.2.11.1. Nos canteiros de obra é obrigatória a existência de local adequado para refeições.

18.4.2.11.2. O local para refeições deve:

- a) ter paredes que permitam o isolamento durante as refeições;
- b) ter piso de concreto, cimentado ou de outro material lavável;

- c) ter cobertura que proteja das intempéries;
- d) ter capacidade para garantir o atendimento de todos os trabalhadores no horário das refeições;
- e) ter ventilação e iluminação natural e/ou artificial;
- f) ter lavatório instalado em suas proximidades ou no seu interior;
- g) ter mesas com tampos lisos e laváveis;
- h) ter assentos em número suficiente para atender aos usuários;
- i) ter depósito, com tampa, para detritos;
- j) não estar situado em subsolos ou porões das edificações;
- k) não ter comunicação direta com as instalações sanitárias;
- l) ter pé-direito mínimo de 2,80m (dois metros e oitenta centímetros), ou respeitando-se o que determina o Código de Obras do Município, da obra.

18.4.2.11.3. Independentemente do número de trabalhadores e da existência ou não de cozinha, em todo canteiro de obra deve haver local exclusivo para o aquecimento de refeições, dotado de equipamento adequado e seguro para o aquecimento.

18.4.2.11.3.1. É proibido preparar, aquecer e tomar refeições fora dos locais estabelecidos neste subitem.

18.4.2.11.4. É obrigatório o fornecimento de água potável, filtrada e fresca, para os trabalhadores, por meio de bebedouro de jato inclinado ou outro dispositivo equivalente, sendo proibido o uso de copos coletivos.

18.4.2.12. Cozinha

18.4.2.12.1 Quando houver cozinha no canteiro de obra, ela deve:

- a) ter ventilação natural e/ou artificial que permita boa exaustão;
- b) ter pé-direito mínimo de 2,80m (dois metros e oitenta centímetros), ou respeitando-se o Código de Obras do Município da obra;
- c) ter paredes de alvenaria, concreto, madeira ou material equivalente;
- d) ter piso de concreto, cimentado ou de outro material de fácil limpeza;
- e) ter cobertura de material resistente ao fogo;
- f) ter iluminação natural e/ou artificial;
- g) ter pia para lavar os alimentos e utensílios;

h) possuir instalações sanitárias que não se comuniquem com a cozinha, de uso exclusivo dos encarregados de manipular gêneros alimentícios, refeições e utensílios, não devendo ser ligadas à caixa de gordura;

i) dispor de recipiente, com tampa, para coleta de lixo;

j) possuir equipamento de refrigeração para preservação dos alimentos;

k) ficar adjacente ao local para refeições;

l) ter instalações elétricas adequadamente protegidas;

m) quando utilizado GLP, os botijões devem ser instalados fora do ambiente de utilização, em área permanentemente ventilada e coberta.

18.4.2.12.2. É obrigatório o uso de aventais e gorros para os que trabalham na cozinha.

18.4.2.13. Lavanderia

18.4.2.13.1. As áreas de vivência devem possuir local próprio, coberto, ventilado e iluminado para que o trabalhador alojado possa lavar, secar e passar suas roupas de uso pessoal.

18.4.2.13.2. Este local deve ser dotado de tanques individuais ou coletivos em número adequado.

18.4.2.13.3. A empresa poderá contratar serviços de terceiros para atender ao disposto no item 18.4.2.13.1, sem ônus para o trabalhador.

18.4.2.14. Área de lazer

18.4.2.14.1. Nas áreas de vivência devem ser previstos locais para recreação dos trabalhadores alojados, podendo ser utilizado o local de refeições para este fim.

ANEXO B – NR 15 - ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES – ANEXO 3

LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA EXPOSIÇÃO AO CALOR

1. A exposição ao calor deve ser avaliada através do "Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo" - IBUTG definido pelas equações que se seguem:

Ambientes internos ou externos sem carga solar: $IBUTG = 0,7 \text{ tbn} + 0,3 \text{ tg}$

Ambientes externos com carga solar: $IBUTG = 0,7 \text{ tbn} + 0,1 \text{ tbs} + 0,2 \text{ tg}$ onde:

tbn = temperatura De bulbo úmido natural tg = temperatura de globo

tbs = temperatura de bulbo seco.

2. Os aparelhos que devem ser usados nesta avaliação são: termômetro de bulbo úmido natural, termômetro de globo e termômetro de mercúrio comum.

3. As medições devem ser efetuadas no local onde permanece o trabalhador, à altura da região do corpo mais atingida.

Limites de Tolerância para exposição ao calor, em regime de trabalho intermitente com períodos de descanso no próprio local de prestação de serviço.

Em função do índice obtido, o regime de trabalho intermitente será definido no Quadro N.º 1.

QUADRO N.º 1

REGIME DE TRABALHO INTERMITENTE COM DESCANSO NO PRÓPRIO LOCAL DE TRABALHO (por hora)	TIPO DE ATIVIDADE		
	LEVE	MODERADA	PESADA
Trabalho contínuo	até 30,0	até 26,7	até 25,0
45 minutos trabalho 15 minutos descanso	30,1 a 30,5	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9
30 minutos trabalho 30 minutos descanso	30,7 a 31,4	28,1 a 29,4	26,0 a 27,9
15 minutos trabalho 45 minutos descanso	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,0 a 30,0
Não é permitido o trabalho, sem a adoção de medidas adequadas de controle	acima de 32,2	acima de 31,1	acima de 30,0

Os períodos de descanso serão considerados tempo de serviço para todos os efeitos legais.

A determinação do tipo de atividade (Leve, Moderada ou Pesada) é feita consultando-se o Quadro n.º 3.

Limites de Tolerância para exposição ao calor, em regime de trabalho intermitente com período de descanso em outro local (local de descanso).

Para os fins deste item, considera-se como local de descanso ambiente termicamente mais ameno, com o trabalhador em repouso ou exercendo atividade leve.

Os limites de tolerância são dados segundo o Quadro n.º 2.

QUADRO N.º 2

M (Kcal/h)	MÁXIMO IBUTG
175	30,5
200	30,0
250	28,5
300	27,5
350	26,5
400	26,0
450	25,5
500	25,0

Onde: M é a taxa de metabolismo média ponderada para uma hora, determinada pela seguinte fórmula:

$$M = \frac{M_t \times T_t + M_d \times T_d}{60}$$

Sendo:

Mt - taxa de metabolismo no local de trabalho.

Tt - soma dos tempos, em minutos, em que se permanece no local de trabalho.

Md - taxa de metabolismo no local de descanso.

Td - soma dos tempos, em minutos, em que se permanece no local de descanso.

IBUTG é o valor IBUTG médio ponderado para uma hora, determinado pela seguinte fórmula:

$$IBUTG = \frac{IBUTG_t \times T_t + IBUTG_d \times T_d}{60}$$

Sendo:

IBUTGt = valor do IBUTG no local de trabalho. IBUTGd = valor do IBUTG no local de descanso. Tt e Td = como anteriormente definidos.

Os tempos Tt e Td devem ser tomados no período mais desfavorável do ciclo de trabalho, sendo $Tt + Td = 60$ minutos corridos.

As taxas de metabolismo Mt e Md serão obtidas consultando-se o Quadro n.º 3.

Os períodos de descanso serão considerados tempo de serviço para todos os efeitos legais.

QUADRO N.º 3

TAXAS DE METABOLISMO POR TIPO DE ATIVIDADE

TIPO DE ATIVIDADE	Kcal/h
SENTADO EM REPOUSO	100
TRABALHO LEVE	
Sentado, movimentos moderados com braços e tronco (ex.: datilografia).	125
Sentado, movimentos moderados com braços e pernas (ex.: dirigir).	150
De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços.	150
TRABALHO MODERADO	
Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas.	180
De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, com alguma movimentação.	175
De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação.	220
Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar.	300
TRABALHO PESADO	
Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex.: remoção com pá).	440
Trabalho fatigante	550