



DETERMINAÇÃO REAL DA TAXA METABÓLICA EM UMA INDÚSTRIA DO RAMO METAL-MECÂNICO PARA A MELHORIA DO MODELO DO PMV

Evandro Eduardo Broday (1); Antonio Augusto de Paula Xavier (2); Reginaldo de Oliveira (3)

(1) Engenheiro de Produção Mecânico, Mestre em Engenharia de Produção, broday@utfpr.edu.br

(2) Engenheiro Civil, Doutor e Professor da UTFPR, augustox@utfpr.edu.br

(3) Matemático, Doutor e Professor da UTFPR, reoliveira@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção,
Ponta Grossa – PR

RESUMO

A taxa metabólica é a produção de calor pelo organismo e a sua incorreta determinação pode estar ligada a discrepâncias entre o modelo do PMV e a sensação térmica real coletada em estudos de campo. O PMV (Voto Médio Estimado) é um índice que prediz o valor médio dos votos de um grande grupo de pessoas. Visando melhorar a aderência do modelo do PMV e da sensação térmica real, este trabalho determinou um novo valor para a taxa metabólica utilizando-se de um analisador metabólico. Foram avaliadas as atividades do soldador, através das medições das variáveis ambientais e pessoais, durante o pleno desenvolvimento das atividades. Determinou-se, para esta atividade, um novo valor para a taxa metabólica. O valor encontrado foi de 145,46 W/m², diferente do intervalo fornecido pelo ISO 8996 (2004) para esta atividade (75 a 125 W/m²). A partir daí, executou-se a regressão linear entre o PMV e a sensação térmica real de duas formas: S x PMV_{tabelado} (R² = 0,1749) e S x PMV_{real} (R² = 0,7854). Observou-se que os valores obtidos de forma “real” proporcionaram um bom coeficiente de determinação, sendo então este o utilizado para a correção da tabela. A correção da tabela fornece um M_{predito} e para as atividades do soldador, em uma indústria metal-mecânica, os valores tabelados podem ser multiplicados pelo coeficiente de correção de 1,4546 a fim de minimizar imprecisões. O PMV_{predito}, obtido através do M_{predito}, quando relacionado com a sensação térmica real, fornece um coeficiente de determinação de 0,7338.

Palavras-chave: taxa metabólica, PMV, sensação térmica real.

ABSTRACT

The metabolic rate consists of body heat production and its incorrect determination can be linked to discrepancies between the model of the PMV and real thermal sensation collected in field studies. PMV (Predicted Mean Vote) is an index that predicts the mean value of the votes of a large group of people. Aiming at improving adherence to the PMV model and the real thermal sensation, this work has established a new value for the metabolic rate using a metabolic analyzer. Welder's activities were evaluated, through the measurements of environmental and personal variables, during the full development of the activities determining new values of metabolic rate for this activity. The value found was 145.46 W/m², different from the range provided by ISO 8996 (2004) for this activity (75 to 125 W/m²). For this, it was made a linear regression between the PMV and the real thermal sensation in two ways: S x PMV_{tabulated} (R² = 0.1749) and S x PMV_{real} (R² = 0,7854). It was found that the values obtained in "real" gave a good coefficient of determination, and then being this the value used for the correction of the table. The table provides a M_{predicted} and for the welder activities in a metal-mechanics industry, tabulated values can be multiplied by the correction coefficient 1.4546 in order to minimize inaccuracies. The PMV_{predicted}, obtained through the M_{predicted}, when related to the actual thermal sensation, provides a coefficient of determination of 0.7338.

Keywords: metabolic rate, PMV, real thermal sensation.

1. INTRODUÇÃO

A definição clássica de conforto térmico, de acordo com a ASHRAE 55 (2004), é: “uma condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico”. O conforto térmico, segundo Frontczak e Wargocki (2011), apresenta seis variáveis distintas: temperatura do ar, velocidade do ar, temperatura radiante média, umidade relativa, isolamento da vestimenta e a taxa metabólica, objeto de estudo desta pesquisa.

A taxa metabólica é produzida pelo organismo, por meio da transformação de energia química em energia mecânica e térmica. Araújo (1996), Humphreys (1996), De Dear et. al (1998), Xavier (2000), Vergara (2001), Havenith et. al (2002), Pinto (2011) e Antonelli (2012) afirmam que os resultados do modelo do PMV quando é utilizada a sensação térmica real das pessoas coletadas em pesquisas de campo apresentam discrepâncias significativas. Um dos possíveis fatores para esta disparidade é a determinação da taxa metabólica.

Os trabalhos de campo citados acima focam na discrepância encontrada quando o PMV foi utilizado para estimar a sensação térmica de ocupantes em ambientes naturalmente ventilados. A ventilação natural é o fenômeno da movimentação do ar no interior das edificações sem a indução de nenhum sistema mecânico. Um ambiente com ventilação natural proporciona a renovação do ar do ambiente e a velocidade do ar sobre os ocupantes é importante para o estado de conforto térmico.

Embora este trabalho enfoque apenas na variável taxa metabólica, é de igual importância o isolamento térmico da vestimenta. Devido ao fato das duas variáveis serem determinadas apenas por tabelas, ocorre uma generalização muito grande. No caso da taxa metabólica, não há especificação sobre a forma que a atividade é desenvolvida nem o tempo de trabalho do operador. Para o isolamento térmico da vestimenta, a norma apresenta os valores para cada modelo de roupa, mas as roupas que as pessoas utilizam não são as mesmas, tendo características diferentes, como tecidos diferentes, por exemplo. Este trabalho considerou que esta variável não exerce uma imprecisão tão impactante.

Dessa forma, esta pesquisa trabalhou com a taxa metabólica como variável de grande influência para a discrepância do modelo do PMV e a sensação térmica real. Esta pesquisa foi realizada em uma indústria do ramo metal-mecânico, onde se analisou as atividades desenvolvidas pelos soldadores. Encontrou-se um valor “real” para a taxa metabólica, utilizando-se de um analisador metabólico. Pinto (2011) e Antonelli (2012), em indústrias do mesmo ramo, também verificaram em suas pesquisas a influência das variáveis do conforto térmico no modelo do PMV.

Os valores reais encontrados foram utilizados para fazer uma comparação com os valores tabelados da norma ISO 8996 (2004), obtendo dessa forma o M_{predito} , com a equação de correção para os valores tabelados. Através do M_{predito} determinou-se um PMV_{predito} , com o qual foi realizada a regressão linear com a Sensação Térmica Real para, por fim, poder verificar se ocorreu melhoria do modelo do PMV através da minimização das imprecisões dos valores da taxa metabólica tabelada.

2. OBJETIVO

O objetivo do trabalho foi comparar os valores da taxa metabólica preditos na ISO 8996 (2004) com os valores observados em estudos de campo para fins de estimar a sensação de conforto em ambientes industriais do ramo metal-mecânico no sul do Brasil.

3. MÉTODO

3.1. Classificação da Pesquisa

Esta pesquisa é de caráter descritivo exploratório. A metodologia é de natureza predominantemente quantitativa, em relação aos dados obtidos pelos equipamentos de medição (LAKATOS e MARCONI, 2001).

3.2. Descrição da Empresa e Delimitação do Local de Trabalho

A empresa escolhida para o desenvolvimento desta pesquisa está localizada no Distrito Industrial de Ponta Grossa – PR e sua escolha se deu em razão da acessibilidade. A empresa é considerada do ramo metal-mecânico, oferecendo serviços de tratamento de superfícies baseados em revestimentos especiais, destinados à linha industrial, tendo como foco principal a linha de panificação. A planta da fábrica pode ser vista na figura 1:

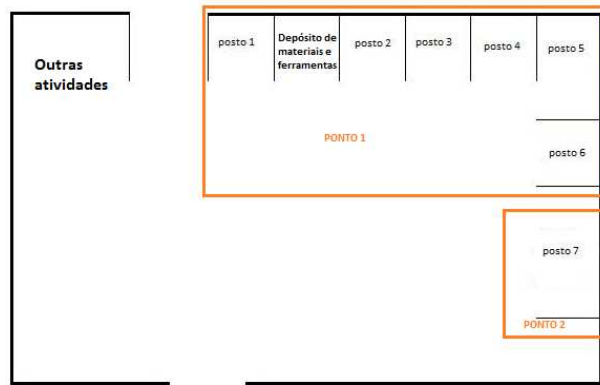


Figura 1 – Postos de Trabalho da Fábrica

A pesquisa deu-se em dois pontos de atividades da empresa. O ponto 1 foi na parte de metalurgia, onde ocorre a fabricação de caixas metálicas para baterias tracionárias. Esta parte da empresa é composta por uma linha de produção em forma de “L”, sendo composta por 6 postos de trabalho distintos, sendo que em cada posto há um trabalhador. A caixa começa a ser montada no posto 1 e terminada no posto 6. Sendo assim, várias operações são realizadas em cada posto, mas todas estas operações envolvem atividades de solda.

O ponto 2 é onde se trabalha com formas de pão para a indústria alimentícia. Todos os substratos usados na fabricação de formas ou bandejas podem ser revestidos: aço carbono, aço aluminizado, aço inoxidável, flandres, bem como alumínio e suas ligas. O ponto 2 é composto por um posto de trabalho, totalizando três trabalhadores onde o trabalho é feito utilizando-se de uma solda, onde apenas um trabalhador executa as atividades. Esta pesquisa, portanto, analisou o trabalho dos soldadores dessa indústria, coletando dados em todos os postos de trabalho e de todas as pessoas envolvidas no ambiente.

3.3. Procedimentos de Coleta de Dados

As medições foram realizadas no período de setembro de 2012 a janeiro de 2013, nos turnos da manhã e da tarde. Durante o pleno desenvolvimento das atividades dos profissionais, foram coletados os dados ambientais e pessoais. Os dados ambientais, que incluem a temperatura do ar, velocidade do ar, temperatura do globo e umidade relativa, necessários para o cálculo do PMV, foram gravados pelo aparelho *Confortímetro Sensu*®, em intervalos de 1 em 1 minuto. O aparelho foi colocado no interior de cada posto de trabalho, próximo ao operador, rodando pelos sete postos de trabalho utilizados nesta pesquisa. O equipamento (figura 2) foi posicionado de acordo com a ISO 7726 (1998): altura de 1,10 m.



Figura 2 – Confortímetro Sensu

Antes de se iniciar as medições, o aparelho era montado para que este entrasse em equilíbrio com o ambiente, por um tempo de 20 minutos. A medição era realizada por um tempo de 40 minutos, totalizando o tempo total de 1 hora por posto de trabalho. Ao fim de uma hora, o aparelho havia gravado 40 dados das variáveis ambientais. Para efeitos de utilização dos dados, foi realizada a média dos 40 dados.

Em se tratando da obtenção da taxa metabólica real, foi utilizado o analisador metabólico VO2000®. Antes do uso, porém, foi necessário deixar o equipamento ligado por 30 minutos para calibração. O aparelho pode ser visto na figura 3:



Figura 3 – Analisador metabólico

O analisador metabólico consiste em uma máscara que possui um tubo, por onde a pessoa deve respirar. O fio que sai do tubo e é ligado ao analisador é muito curto, fazendo com que o equipamento tenha que estar ao lado da pessoa, não permitindo a ela, quase nenhuma mobilidade.

Como este trabalho também executou o cálculo do PMV foi necessário coletar as variáveis ambientais, através do Confortímetro e as variáveis pessoais através de um questionário, que durante as medições, os trabalhadores eram convidados a preencher. O questionário era composto por questões envolvendo massa e altura, tipos de vestimenta utilizados e como o colaborador estava se sentindo termicamente (sensação térmica real), segundo a escala de sete pontos da ISO 7730 (2005): +3 = quente, +2 = aquecido, +1 = levemente aquecido, 0 = neutro, -1 = levemente refrescado, -2 = refrescado, -3 = frio.

3.3. Análise dos valores de taxa metabólica obtidos

Este trabalho determinou um valor real para a taxa metabólica, utilizando-se o analisador metabólico VO2000. Esse valor real, e mais as variáveis ambientais do conforto térmico, vai gerar um valor de PMV. Como o objetivo desta pesquisa é melhorar o modelo do PMV diminuindo-se as imprecisões da taxa metabólica, calculou-se também um PMV utilizando-se da taxa metabólica tabelada da ISO 8996 (2004), conforme mostra a figura 4:

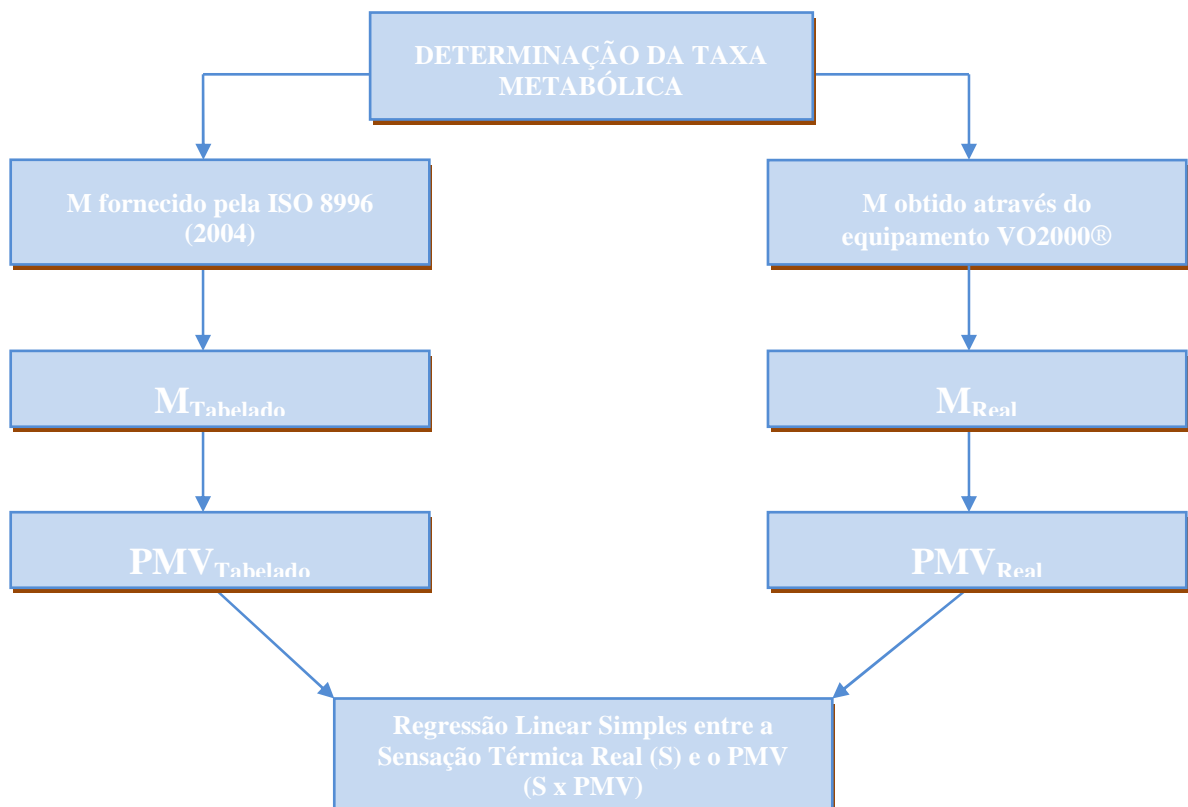


Figura 4 – Determinação de M

A fim de verificar qual dos valores de taxa metabólica mais aproximou o modelo do PMV com a sensação térmica real, foi realizada a análise de regressão linear simples de duas formas:

- a) Sensação térmica real como variável dependente e PMV_{tabelado} como variável independente, este obtido através dos valores da taxa metabólica tabelada da ISO 8996 (2004);
- b) Sensação térmica real como variável dependente e PMV_{real} como variável independente, este obtido através da taxa metabólica obtida pelo equipamento VO2000®.

3.4. Correção da tabela da ISO 8996 (2004)

Os valores determinados para a taxa metabólica, conforme dispostos na norma ISO 8996 (2004), são genéricos e, consequência disso, não representam a realidade. De acordo com Havenith et al. (2002) e Katavoutas et al. (2009), a taxa metabólica estimada para pessoas, desempenhando uma mesma atividade, não deve ser utilizada de forma generalizada, devido às diferenças individuais e às possíveis influências psicológicas ou sociológicas no ambiente de trabalho. Nas tabelas não se considera o modo pela qual a atividade é desempenhada, o tempo de exposição ao ambiente de trabalho, a forma de execução da tarefa e tão pouco a adaptação da pessoa à atividade, o que pode levar a distorções (ANTONELLI, 2012).

O fato que ocorre é que os valores de sensação térmica obtidos em estudo de campo, não são coerentes aos valores de PMV apresentados na norma. Segundo Xavier (2000), esta diferença pode estar relacionada a valores incorretos de taxa metabólica utilizados.

Para corrigir a tabela da norma ISO 8996 (2004) foi preciso fazer uma comparação entre os valores obtidos pelo analisador metabólico e os valores tabelados. O resultado da comparação forneceu um M_{predito} . Depois de encontrada a função M_{predito} , foi possível determinar novos valores de taxa metabólica tendo como base os valores tabelados, conforme figura 5 abaixo:

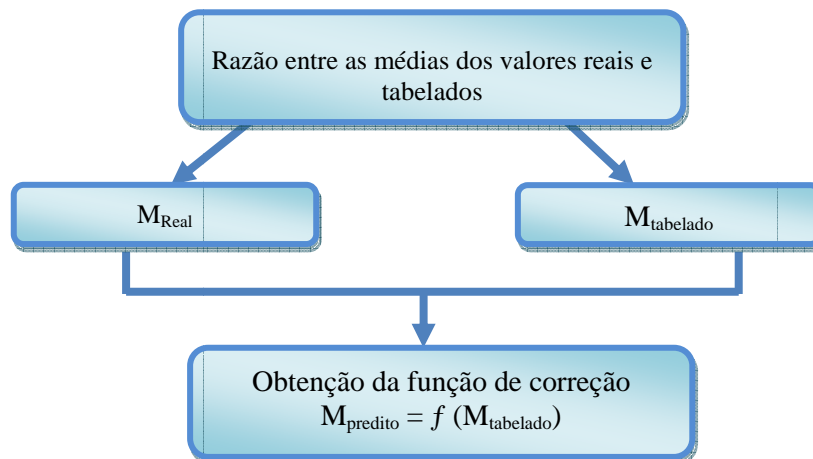


Figura 5 – Função de correção

Com a obtenção dos novos valores de taxa metabólica e a utilização das variáveis ambientais foi possível determinar o PMV_{predito} . Este PMV foi relacionado com a sensação térmica real dos trabalhadores através de regressão linear simples, conforme mostra figura 6:

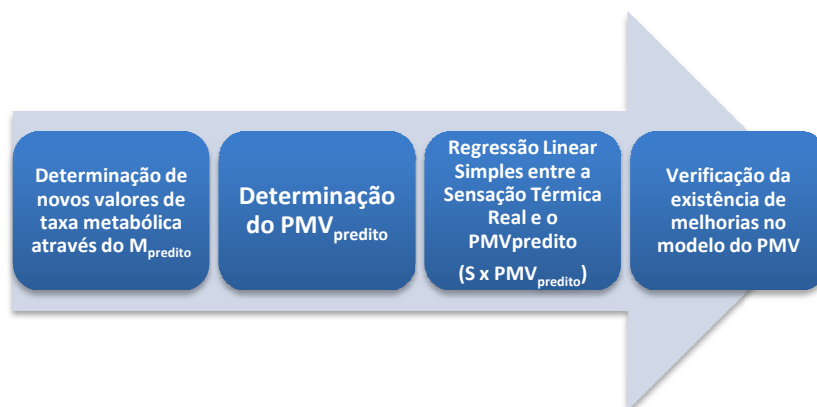


Figura 6 – Passos realizados para verificar se existem melhorias no modelo do PMV

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

4.1. Obtenção do M_{real}

4.1.2. Coleta de Dados

As medições foram realizadas através do analisador metabólico VO2000. Foram realizadas 31 medições, de 10 minutos cada, também rodando por todos os postos de trabalho já descritos anteriormente. O principal problema encontrado para se trabalhar com o analisador metabólico foram os fios, que conectam o equipamento ao tubo que é colocado na pessoa, para que esta faça a respiração.

O fio é curto e, dessa forma, o equipamento ficava próximo ao funcionário. Uma justificativa para deixar o equipamento medindo apenas 10 minutos, é que o analisador não protege dos respingos e fumos, gerados pelo processo da solda. A figura 7 mostra o analisador metabólico sendo utilizado em estudo de campo.



Figura 7 – Analisador Metabólico em situação de trabalho

A grande vantagem observada em se utilizar o analisador metabólico foi que este fornece de forma imediata o valor da taxa metabólica (em met), não havendo a necessidade de se executar nenhuma operação matemática. Toda vez que se vai iniciar uma nova medição, deve-se cadastrar um paciente com seu peso e altura.

4.1.2. Determinação do M_{real}

O analisador metabólico fornece os dados instantaneamente. Como os valores da taxa metabólica são dados pelo equipamento em met, utilizou-se o fator de conversão de 58,2 W/m² para transformar a unidade. Os valores podem ser visualizados na tabela 1 abaixo, que também já apresenta os valores do PMV:

Tabela 1 – Valores da Taxa Metabólica Real com respectivo PMV

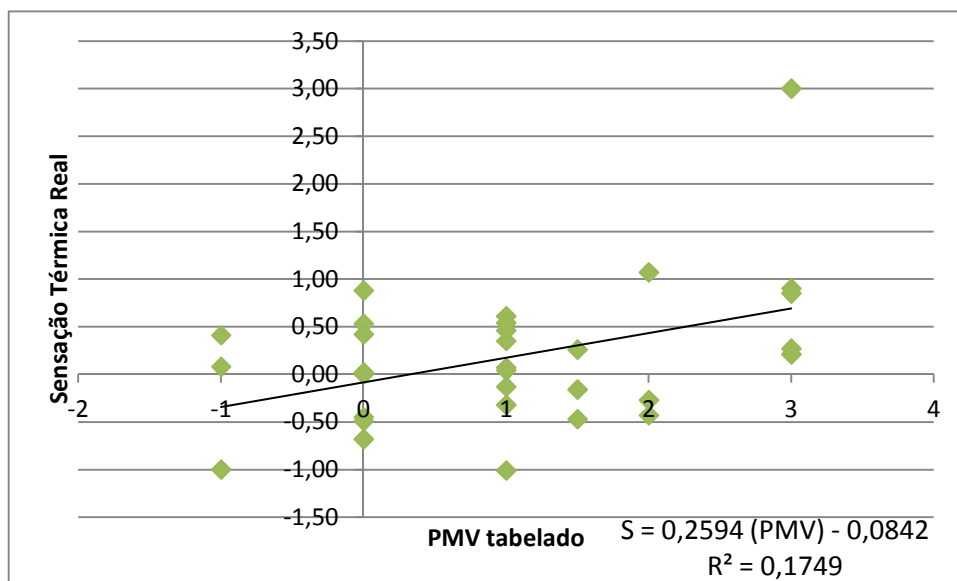
Medição	M (met)	M (W/m ²)	PMV
1	2,47	143,75	1,04
2	2,93	170,53	1,54
3	2,81	163,54	1,41
4	2,58	150,16	1,15
5	2,73	158,89	1,32
6	2,79	162,38	1,48
7	2,83	164,71	1,49
8	2,79	162,38	1,32
9	2,67	155,39	1,16
10	2,53	147,25	1,05
11	2,62	152,48	1,22
12	2,26	131,53	0,85
13	2,52	146,66	1,03

14	2,43	141,43	1,15
15	2,51	146,08	1,39
16	2,78	161,80	1,53
17	2,72	158,30	1,64
18	2,60	151,32	1,69
19	2,82	164,12	1,99
20	1,93	112,33	1,01
21	2,10	122,22	1,20
22	1,97	114,65	0,91
23	1,56	90,79	0,58
24	1,73	100,69	0,68
25	2,98	173,44	1,98
26	1,63	94,87	0,51
27	2,40	139,68	1,30
28	2,53	147,25	1,54
29	2,70	157,14	1,71
30	2,53	147,25	1,52
31	3,03	176,35	2,06
MÉDIA	2,50	145,46	1,30
DESVIO	0,39	22,61	0,39

Também pode ser verificado na tabela 6 acima, que a média da taxa real obtida pelo analisador metabólico para o soldador foi de 145,46 W/m², diferente do intervalo de valores que a norma ISO 8996 (2004) sugere: 75 a 125 W/m².

4.3. Regressão Linear entre a sensação Térmica Real e o PMV

Para a obtenção do PMV, além da taxa metabólica, outras variáveis também são necessárias. Estas foram coletadas e também utilizadas para a execução do cálculo. O gráfico 1 abaixo mostra a relação obtida entre a sensação térmica real e o PMV_{tabelado}, apresentando um coeficiente de determinação de 0,1749:



O gráfico 2 abaixo mostra a relação obtida entre a sensação térmica real e o PMV_{real}, apresentando um coeficiente de determinação de 0,7854:

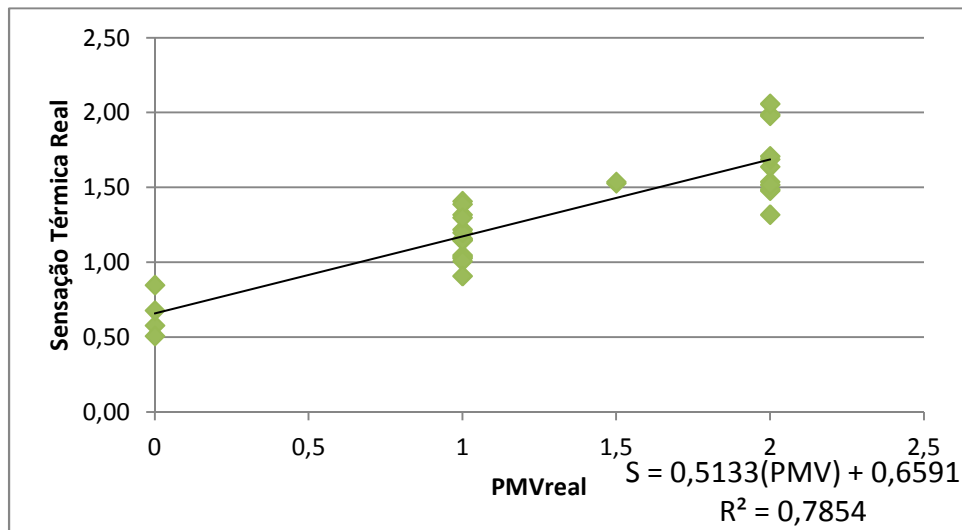


Gráfico 2 – S x PMV_{real}

O coeficiente de determinação entre a Sensação Térmica Real e o PMV_{tabelado} foi de 0,1749, o que mostra uma baixa aderência entre os dados. Como pode ser verificado acima, relação entre a Sensação Térmica Real e o PMV_{real}, apresentou um maior coeficiente de determinação, no valor de 0,7854.

4.4. Obtenção da Função de Correção (M_{predito})

De acordo com a tabela da ISO 8996 (2004), a taxa metabólica dos soldadores varia entre 75 e 125 W/m². A média entre os valores da taxa metabólica tabelada é de 100 W/m² para o soldador e a média entre os valores reais foi de 145,46 W/m². Dividindo-se a média dos valores reais pela média dos valores tabelados, obtém-se o M_{predito}, na forma de equação de correção da tabela da norma ISO 8996 (2004), como mostra a equação (1):

$$M_{\text{predito}} = 1,4546 \times M_{\text{tabelado}} \quad \text{Equação 1}$$

De acordo com a equação (1), para as atividades de um soldador, os valores da apresentados da norma ISO 8996 (2004) devem ser multiplicados por 1,4546 para fazer a correção. A tabela 2 abaixo apresenta os valores preditos para a atividade do soldador:

Tabela 2 – Valores da Taxa Metabólica Predita para a atividade do soldador

M _{tabelado}	M _{predito}	M _{tabelado}	M _{predito}
75	109,1	105	152,73
80	116,37	110	160,01
85	123,64	115	167,28
90	130,91	120	174,55
95	138,19	125	181,83
100	145,46		

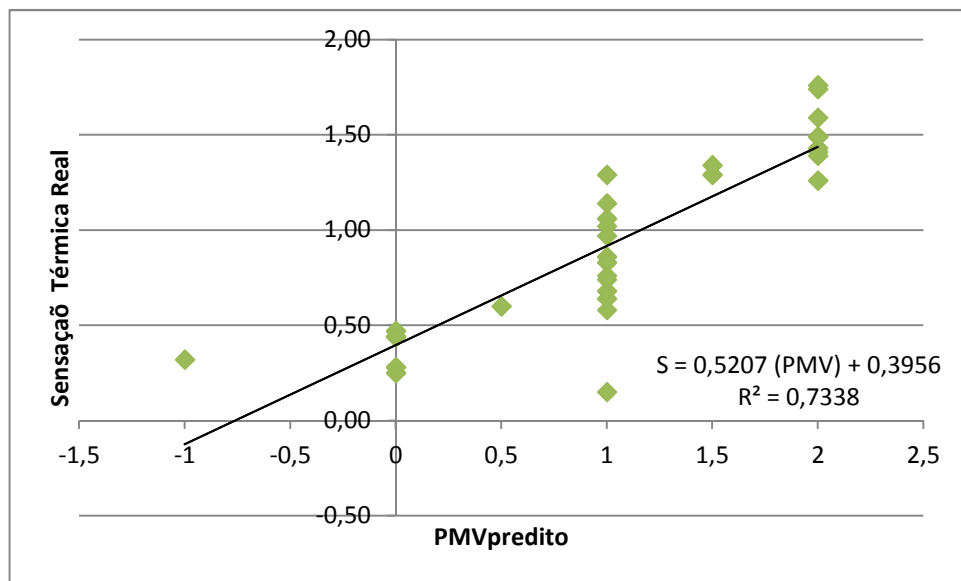
Conforme pode ser verificado na tabela 2, o intervalo para as atividades do soldador varia entre 109,10 e 181,83 W/m², diferindo portanto do intervalo tabelado pela norma ISO 8996 (2004), que varia de 75 a 125 W/m². Deste modo, verificou-se que é recomendável a aplicação de um coeficiente de correção da ordem de 1,4546 sobre os valores tabelados, pois desta maneira a probabilidade de que os valores estejam mais compatíveis com a realidade é significativamente aumentada.

Com o intuito de verificar se os valores preditos de taxa metabólica melhoram o modelo do PMV, utilizou-se das variáveis ambientais e destes valores preditos para a determinação do PMV_{predito}. Utilizando-se das variáveis ambientais coletadas nesta pesquisa e do intervalo da taxa metabólica da tabela 2, foi calculado o PMV_{predito}. A tabela 3 apresenta o PMV_{predito} e sensação térmica relatada pelos trabalhadores:

Tabela 3 – Valores do PMV_{predito} para a atividade do soldador

Sensação	PMV_{predito}	Sensação	PMV_{predito}
-1	0,32	0,5	0,6
1	0,86	2	1,41
0	0,44	1	1,02
0	0,28	0	0,47
1	0,64	0	0,44
2	1,43	1	0,76
1	0,58	1	1,14
1	1,06	1	0,97
1	0,15	2	1,49
2	1,59	2	1,74
0	0,25	2	1,76
1	0,68	1	1,29
1	0,74	1,5	1,34
1	0,83	2	1,26
1,5	1,29	2	1,39

Com os valores da sensação térmica e do PMV_{predito} , foi possível realizar a regressão linear, conforme mostra o gráfico 3:



O coeficiente de determinação entre a Sensação Térmica Real e o PMV_{predito} foi de 0,7338, o que representa uma boa aderência entre os dados. Como pode ser verificado acima, há um aumento significativo na aderência dos dados quando se compara a sensação térmica real com o PMV_{predito} , frente aos valores tabelados (S x PMV_{tabelado}).

4.5. Limitações do Trabalho

A pesquisa ocorreu em uma indústria metal-mecânica, sendo que os resultados encontrados podem ser aplicados para indústrias do mesmo segmento. Como esta pesquisa tratou especificamente da variável taxa metabólica, as outras variáveis são assumidas como não tendo uma imprecisão tão impactante, muito embora é sabido que existe a probabilidade significativa de imprecisões em outras variáveis com caráter subjetivo. Na verdade, o isolamento térmico da vestimenta só é conhecido devido às tabelas da ISO 9920

(2007), sendo da mesma forma da taxa metabólica, uma possível fonte de discrepâncias entre a sensação térmica real e o PMV.

Considera-se, também, que o analisador metabólico, pelo fato de estar calibrado, fornece valores corretos e precisos da taxa metabólica, não sendo este uma fonte de erro, muito embora seja sabido que o operador fazendo uso do analisador metabólico está sujeito a variações em seu ritmo psicofisiológico que pode alterar sua taxa metabólica.

5. CONCLUSÕES

Através dos estudos de campo, analisando-se os resultados da sensação térmica real e do respectivo PMV, observou-se que os valores tabelados da taxa metabólica, quando analisados com a sensação térmica real, apresentam baixa aderência dos dados, sendo assim a taxa metabólica tabelada um possível indicador para o baixo coeficiente de determinação encontrado.

Quando a taxa metabólica é determinada pelo analisador metabólico e realiza-se o confronto de dados entre a sensação térmica real e o PMV, observa-se um aumento significativo na aderência destes dados, mostrando desta forma que uma correta determinação de valores para a taxa metabólica é essencial para o cálculo do PMV, para que haja melhoria do modelo. O analisador metabólico fornece, de forma imediata, o valor da taxa metabólica, facilitando bastante para efeitos de comparação.

Esta pesquisa trabalhou com soldadores do ramo metal-mecânico. Portanto, os resultados aqui encontrados podem ser aplicados para indústrias do mesmo segmento. No que se refere às variáveis do conforto térmico, sabe-se que existe a probabilidade de imprecisões em outras variáveis com caráter subjetivo, como o isolamento térmico da vestimenta. Dessa forma, pode ser que haja melhorias no modelo do PMV se não se utilizarem as tabelas da ISO 9920 (2007) para a determinação dos coeficientes de isolamento térmico da vestimenta.

O objetivo geral desta pesquisa foi atingido, na medida em que, através da relação entre a sensação térmica real e o PMV_{predito}, obteve-se um coeficiente de determinação de 0,7338, valor muito superior quando se relaciona a sensação térmica com o PMV_{tabelado}. Verificou-se, então, melhoria no modelo do PMV para as atividades dos soldadores da indústria metal-mecânica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTONELLI, B. A. **Verificação da adequabilidade do modelo normalizado de conforto térmico utilizando a taxa metabólica determinada pelas sensações térmicas reais de usuários em ambientes industriais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2012.
- ARAÚJO, V.M.D. **Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares no litoral nordestino brasileiro**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 1996.
- DE DEAR, R. J., BRAGER, G. S. “Developing an adaptive model of thermal comfort and preference” **ASHRAE Transactions**. Atlanta: v. 104, p. 145-167, 1998.
- FRONTCZAK, M.; WARGOCKI, P. Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. **Building and Environment**, v. 46, n. 4, p. 922-937, abr. 2011.
- HAVENITH, G.; HOLMÉR, I.; PARSONS, K. Personal factors in thermal comfort assessment: clothing properties and metabolic heat production. **Energy and Buildings**, v. 34, n. 6, p. 581-591, jul. 2002.
- HUMPHREYS, M.A; NICOL, J. F. Conflicting criteria for thermal sensation within the Fanger predicted mean Vote Equation. In: CIBSE/ASHRAE JOINT NATIONAL CONFERENCE. **Proceeding**, p. 153-158, 1996.
- ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Determination of metabolic heat production**. ISO 8996, Genebra, 2004.
- ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities**. ISO 7726, Genebra, 1998.
- KATAVOUTAS, G; THEOHARATOS, G; FLOCAS, H.A et al. Measuring the effects of heat wave episodes on the human body's thermal balance. **Int J Biometeorol**. V. 53, p.177–187, 2009.
- LAKATOS, E.M.; MARCONI, M.A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2001.
- PINTO, N. M. **Condições e parâmetros para a determinação de conforto térmico em ambientes industriais do ramo metal mecânico**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2011.
- VERGARA, L. G. L. **Análise das condições de conforto térmico de trabalhadores da unidade de terapia intensiva do hospital universitário de Florianópolis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- XAVIER, Antonio A. de P. **Predição de Conforto Térmico em ambientes internos com atividades sedentárias – teoria física aliada a estudos de campo**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.