

PROJETO DE PESQUISA

Desenvolvimento de tutoriais de *softwares* da série *Analysis*

ANALYSIS CST

Pesquisadora: Karen Carrer Ruman de Bortoli (karencrbortoli@gmail.com)

Orientadora: Rita de Cássia Pereira Saramago (rcpsaramago@faued.ufu.br)

Os programas da série *Analysis* foram desenvolvidos por pesquisadores do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), estando disponíveis gratuitamente para *download* no endereço eletrônico do laboratório (<http://www.labeee.ufsc.br/>).



Cst

LabEEE

Introdução _____ p. [03](#)

Manual de Instalação _____ p. [05](#)

Manual de Uso:

Reconhecimento das Ferramentas _____ p. [06](#)

Uso específico das Ferramentas _____ p. [08](#)

Inserindo Dados de Vestimenta _____ p. [09](#)

Inserindo Dados de Atividades _____ p. [11](#)

Inserindo Dados do Ambiente _____ p. [12](#)

Gerando o Relatório _____ p. [14](#)

Complementando o Relatório _____ p. [15](#)

Interpretando o Relatório e seus Recursos _____ p. [16](#)

Revisão de Conteúdo _____ p. [18](#)

Interpretando o Relatório e seus recursos _____ p. [23](#)

1. Introdução - Apresentação do software e suas possibilidades

O objetivo principal dessa série de tutoriais consiste em popularizar a prática da simulação digital no processo cotidiano de projeto dos futuros arquitetos, contribuindo para a melhoria das soluções arquitetônicas e urbanísticas propostas.

Um desses programas de simulação é o *Analysis CST*, destinado à avaliação das condições de conforto térmico, segundo a norma internacional ISO 7730 de 1994, a partir de dados relativos a:

- a) **Vestimentas** dos usuários do ambiente sob investigação;
- b) **Atividades físicas** por eles desenvolvidas; e
- c) **Condições ambientais** (temperatura, velocidade do ar e umidade relativa, entre outras).

A partir da inserção dessas variáveis humanas e ambientais, são gerados relatórios que informam sobre:

- i. Outras variáveis não inseridas (por exemplo, a umidade relativa do recinto, quando for fornecida apenas sua temperatura de bulbo úmido);
- ii. Índices de conforto térmico (como o de Fanger de 1972);
- iii. Formas de trocas de calor pelo corpo (por condução, radiação, convecção e evaporação);
- iv. Além de gráficos e de uma imagem que condensa todas essas informações.

Dessa maneira, basta que o programa seja alimentado com dados hipotéticos ou medidos *in loco* (no caso da análise de um ambiente específico) para que se obtenham resultados em forma de **relatórios** e **gráficos** sobre a situação térmica em questão – se é confortável ou não e qual é o nível de conforto/desconforto alcançado. Ou seja, não há necessidade de fazer uso das complexas fórmulas de balanço energético¹ para se chegar a esses mesmos resultados.

A diferença básica entre o *Analysis Bio* e o *Analysis CST* é a seguinte: enquanto o primeiro ocupa-se com questões mais **amplas**, relacionadas ao estudo das *condições climáticas* gerais da cidade em que a edificação será implantada para orientar decisões projetuais (como, por exemplo, quanto a uma correta orientação das aberturas), o segundo tem por intuito simular e conhecer as condições climáticas de um determinado cômodo ou ambiente (já construído) em uma situação **específica**, possibilitando a correção de um possível desconforto verificado (através de sistemas de condicionamento artificiais, como o ar condicionado, ou o ventilador de teto no caso de desconforto por calor).

Assim, este tutorial explica tanto a maneira correta de fornecer os *dados* solicitados pelo programa, quanto de obter as diferentes tipologias de *resultados* oferecidos pelo mesmo (relatórios, gráficos e imagens).

¹ Para se ter uma idéia de tal complexidade, a equação que fornece o Voto Médio Estimado (VMP) de um grupo de pessoas quanto às condições de conforto de determinado ambiente é expressa por: $VMP = (0,303 \times e^{-0,036M} + 0,028) \cdot \{(M - W) - 3,05 \times 10^{-3} \times [5733 - 6,99 (M - W) - p_a] - 0,42 \times [(M - W) - 58,15] - 1,7 \times 10^{-5} \times M \times (5867 - p_a) - 0,0014 \times M \times 34 (34 - t_a) - 3,96 \times 10^{-8} \times f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)_4] - f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_a)\}$. Onde: M é a taxa metabólica; W é o trabalho mecânico; p_a representa a pressão parcial do vapor de água; t_a corresponde à temperatura do ar; f_{cl} expressa a razão entre a área superficial do corpo vestido pela área do corpo nu; t_{cl} é a temperatura superficial das roupas; t_r equivale à temperatura radiante média e h_c constitui o coeficiente de transferência de calor por convecção.

2. Manual de Instalação do Software

Conforme informado no início deste trabalho, os *softwares* da série *Analysis* podem ser adquiridos gratuitamente no sitio do LabEEE.

Contudo, o *Analysis CST* encontra-se indisponível no momento para *download* (provavelmente passa por manutenção). Assim, para consegui-lo imediatamente, entre em contato conosco, através dos **endereços eletrônicos** presentes na capa deste tutorial.



3. Manual de Uso do Software

3.1) Com o programa aberto, façamos um rápido reconhecimento de suas ferramentas:

◆ Em **Opções**, como mostrado na Figura 1, temos as seguintes funções:

- 1) **Módulo de Análise de Conforto;**
- 2) **Módulo de Análise de Stress;**
- 3) **Sair.**

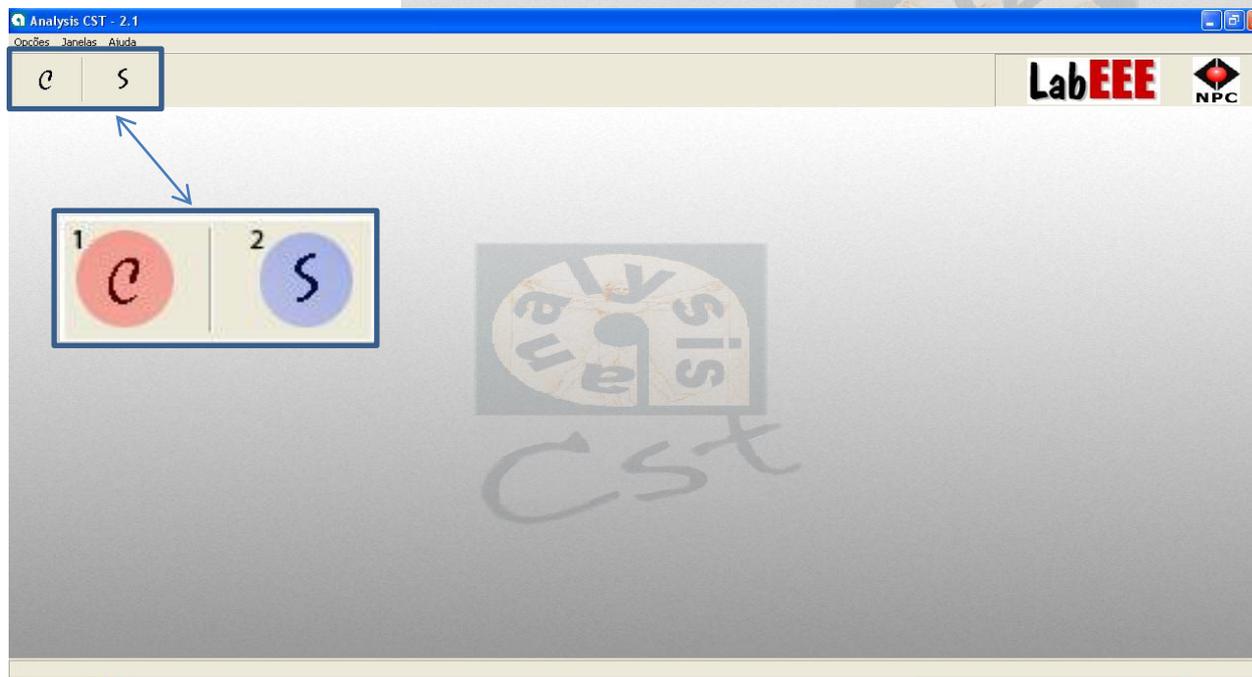
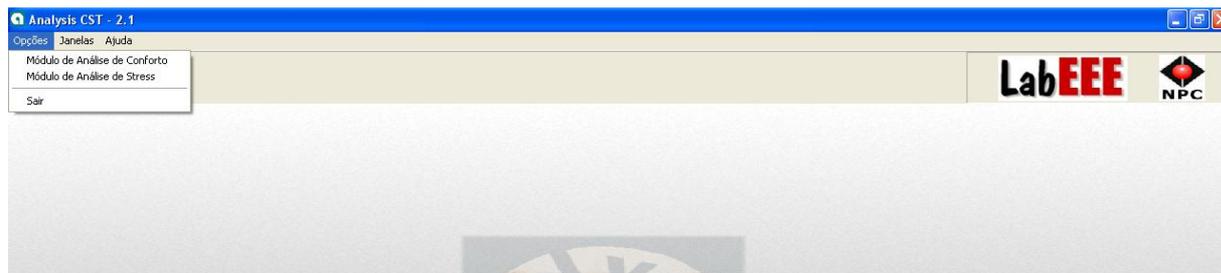
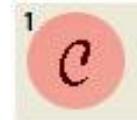


Figura 1

Figura 2

As opções 1 e 2 também podem ser acessadas através dos ícones abaixo da barra de ferramentas, desempenhando as mesmas funções, conforme mostrado na Figura 2 acima.

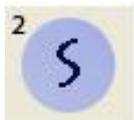
Clicando em **Módulo de Análise de Conforto**, aparecerá uma janela (Figura 3), em que o usuário deve inserir os dados referentes às variáveis humanas e ambientais do espaço analisado, para se obter um relatório que contemple todos os resultados e parâmetros de análise referidos anteriormente.



À medida que os dados vão sendo inseridos, estes campos são atualizados.

Figura 3

Clicando em **Módulo de Análise de Stress**, aparecerá uma janela muito parecida com a da Figura 3 acima, em que o usuário deve inserir os dados referentes às variáveis humanas e ambientais. Contudo, por envolver variáveis e conteúdos que não serão abordados em nossa disciplina, essa modalidade de análise não faz parte deste tutorial.



A opção **“Sair”** fecha o programa.

◆ A opção **Janelas**, na barra de ferramentas, não está funcionando, visto que é impossível abrir mais de uma janela por vez (e essa opção serviria justamente para organizar as janelas abertas).

◆ Em **Ajuda**, existem as opções “**Ajuda**” (também inoperante) e “**Sobre**” (que abre uma página com os créditos do programa e algumas informações sobre a série *Analysis*, a exemplo dos recursos oferecidos pelo *Analysis CST*).

3.1) Uma vez reconhecidas as ferramentas, podemos proceder ao uso de cada uma delas.

Clicando sobre o botão “**Módulo de Análise de Conforto**”, a janela da Figura 4 aparecerá:

Nessa janela, existem três grandes abas, que foram coloridas na figura ao lado segundo a legenda:

- 1) **Vestimentas ISO 7730 1994;**
- 2) **Atividades ISO 7730 1994;**
- 3) **Ambiente.**

Assim, para calcular o *Voto Médio Predito (VMP)* e a *Porcentagem de Pessoas Desconfortáveis (PPD)* no espaço analisado, objetivo deste programa, é preciso preencher os campos solicitados em cada uma dessas abas – cujo processo de preenchimento será descrito a seguir.

Figura 4

Ao clicar sobre a opção **Módulo de Análise de Conforto**, aparecerá a janela da Figura 4 mostrada anteriormente, que exibe a aba **Vestimentas ISO 7730 1994**. Nela, devem ser inseridas informações a respeito da maneira como as pessoas estão vestidas no ambiente em questão. Pode-se escolher entre marcar um Traje específico (Diário ou de Trabalho), fornecido pelo programa, ou inserir Peça a peça a vestimenta utilizada. Essas opções estão disponíveis em “sub-abas” (ver Figura 5).

A Resistência Térmica dos trajes, dada em *clo* (do inglês, *clothing*), é estimada com base na média coletada entre os usuários do ambiente estudado. Levando-se em consideração que as pesquisas sobre PMV geralmente são realizadas em ambientes de trabalho para verificar o nível de conforto a que os operários estão sujeitos, os trajes geralmente são uniformes. É por isso que, ao invés de coletar as informações necessárias para calcular o *clo* de cada usuário, existe a opção de se usar os dados de uma pessoa só, considerada média do grupo. Trabalha-se assim com uma estimativa do total, obtendo resultados mais rapidamente.

Análise De Conforto Térmico

Vestimentas ISO 7730 1994 | Atividades ISO 7730 1994 | Ambiente

Trajes | Peça a Peça

Diário | Trabalho

Calcinha, Camiseta, Shorts, Meias finas, Sandálias
 Calcinha, Anágua, Meia calça, Vestido fino of manga, Sandálias
 Cueca, Camisa of manga curta, Calça fina, Meias finas, Sapatos
 Calcinhas, Meia calça, Camisa of mangas curtas, Saia, Sandálias
 Cueca, Camisa, Calça fina, Meias, Sapatos
 Calcinha, Anágua, Meia calça, Vestido, Sapatos
 Roupas de Baixo, Camisa, Calças, Meias, Sapatos
 Roupas de baixo, Terno(Suéter e Calça), Meião, Calçados
 Calcinha, Anágua, Camisa, Saia, Meia grossa(joelho), Sapatos
 Calcinha, Camisa, Calça, Jaqueta, Meias, Sapatos
 Calcinha, Meia calça, Camisa, Saia, Colete, Jaqueta

Calcinha, Meia calça, Blusa, Saia longa, Jaqueta, Sapatos
 Cuecão, Camisa, Calça, Suéter gola-V, Jaqueta, Meias, Sapatos
 Cuecão, Camisa, Calça, Colete, Jaqueta, Casaco, Meias, Sapatos
 Calcinha, Camisa, Saia, Suéter gola redonda, Meias grossas(joelho), Sapatos
 Cueca, Singlet of mangas curtas, Camisa, Calça, Suéter gola-V, Meias, Sapatos
 Roupas de baixo, Singlet of mangas curtas, Camisa, Jaqueta, Meias, Sapatos
 Roupas de baixo, Singlet of mangas curtas, Camisa, Calça, Colete, Jaqueta, Meias, Sapatos

Vestimenta

Traje Diário [clo]

Atividade

[w/m²] [met]

Ambiente

Temp. Ar [C] T. Globo [C] T. Méd. Ext. Mensal [C]
 Veloc. do Ar [m/s] P. de Vapor [Pa] Pressão Bar. 101.325 [kPa]

Gerar Relatório Novo Dados Via Arquivo Sair

Figura 5

Além da opção de marcar ou inserir os trajas para que o programa calcule a Resistência Térmica em *clo*, pode-se inserir diretamente o valor médio em *clo* no programa, clicando no botão salientado em vermelho na Figura 5 anterior.

Ao clicar sobre esse botão, aparecerá uma janela como a da Figura 6. Basta inserir o valor desejado e clicar em **OK**. O cálculo do VMP será realizado com base nesse valor.

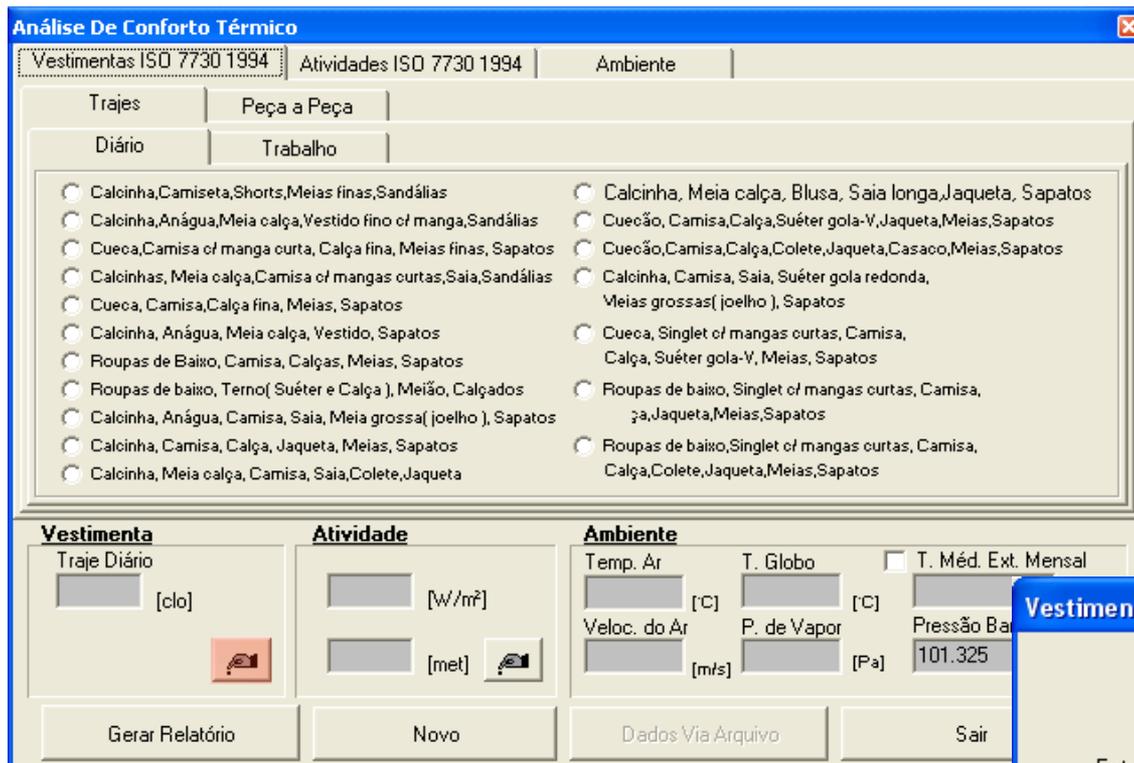


Figura 5

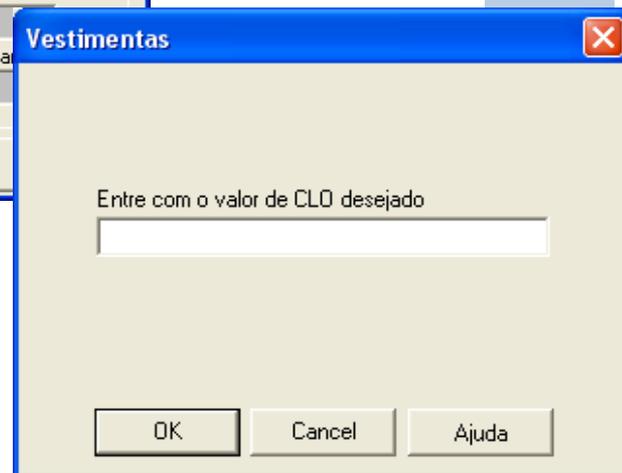


Figura 6

Na aba **Atividades ISO 7730 1994**, mostrada na Figura 7 abaixo, devem ser inseridos os dados correspondentes à atividade física realizada pelas pessoas no ambiente estudado. Esse valor é representado por **MET** (valor de metabolismo), mensurando a quantidade de energia gasta para cada atividade.

Basta então marcar a opção que corresponde à atividade desempenhada ou inserir os dados referentes ao gasto de energia manualmente, clicando sobre o botão salientado em vermelho na figura ao lado.

Aparecerá então a janela da Figura 8 abaixo, em que o valor referente ao gasto de energia pode ser inserido em $[W/m^2]$ ou $[met]$.

Figura 7

É importante lembrar que a relação entre $[W/m^2]$ e $[met]$ é a seguinte:

$$1 \text{ met} \rightarrow 58 \text{ W/m}^2$$

Partindo dessa premissa, é possível inserir os dados em qualquer uma das duas unidades, uma vez que o programa calcula automaticamente essa correspondência, obtendo-se o mesmo valor final de VPM e PPD.

Figura 8

Na aba **Ambiente**, mostrada na Figura 9 abaixo, devem ser inseridos os dados relativos às variáveis ambientais, medidas no ambiente estudado, durante certo período de interesse. Devem ser inseridos dados suficientes para que o programa gere o resultado esperado, compondo um total de 5 informações, que estão listadas a seguir.

Figura 9

- 1) **Temperatura do Ar;**
- 2) **Velocidade do Ar;**
- 3) **Temperatura de Globo OU Temperatura Radiante Média;**
- 4) **Pressão de Vapor, Temperatura de Bulbo Úmido, Umidade Relativa OU Temperatura de Orvalho.**
- 5) **Altitude e Pressão (Nível do Mar, Acima do Nível do Mar OU Pressão Barométrica).**

Para as informações 3, 4 e 5 existem diversas possibilidades de inserção dos dados solicitados. A informação 3, por exemplo, pode ser inserida como Temperatura de Globo OU Temperatura Radiante Média (TRM). Apenas a TRM é necessária para o cálculo do VMP e PPD, como é possível comprovar ao se analisar as variáveis da equação do Voto Médio Estimado (**Equação 1**). A TRM também pode ser obtida através da Temperatura de Globo (motivo pelo qual a inserção desse dado também é aceita), a partir da **Equação 2**, que é resolvida automaticamente pelo programa.

$$PMV = (0,303 \cdot e^{-0,036M} + 0,028) \cdot \{(M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6,99(M - W) - p_a]\} - 0,42 \cdot \{(M - W) - 58,15\} - 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - p_a) - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) - 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a)$$

PMV	Voto médio estimado (sensação de conforto)
M	Taxa metabólica (W/m ²)
W	Trabalho mecânico (W/m ²), sendo nulo para a maioria das atividades
p _a	Pressão parcial do vapor de água (p _a)
t _a	Temperatura do ar (°C)
f _{cl}	Razão entre a área superficial do corpo vestido pela área do corpo nu
t _{cl}	Temperatura superficial das roupas (°C)
t _r	Temperatura radiante média (°C)
h _c	Coefficiente de transferência de calor por convecção (W/m ² ·°C)

Equação 1

Convecção natural

$$\bar{t}_r = \sqrt[4]{(t_g + 273)^4 + 0,4 \times 10^8 \cdot x \sqrt{|t_g - t_a|} \cdot x(t_g - t_a)} - 273$$

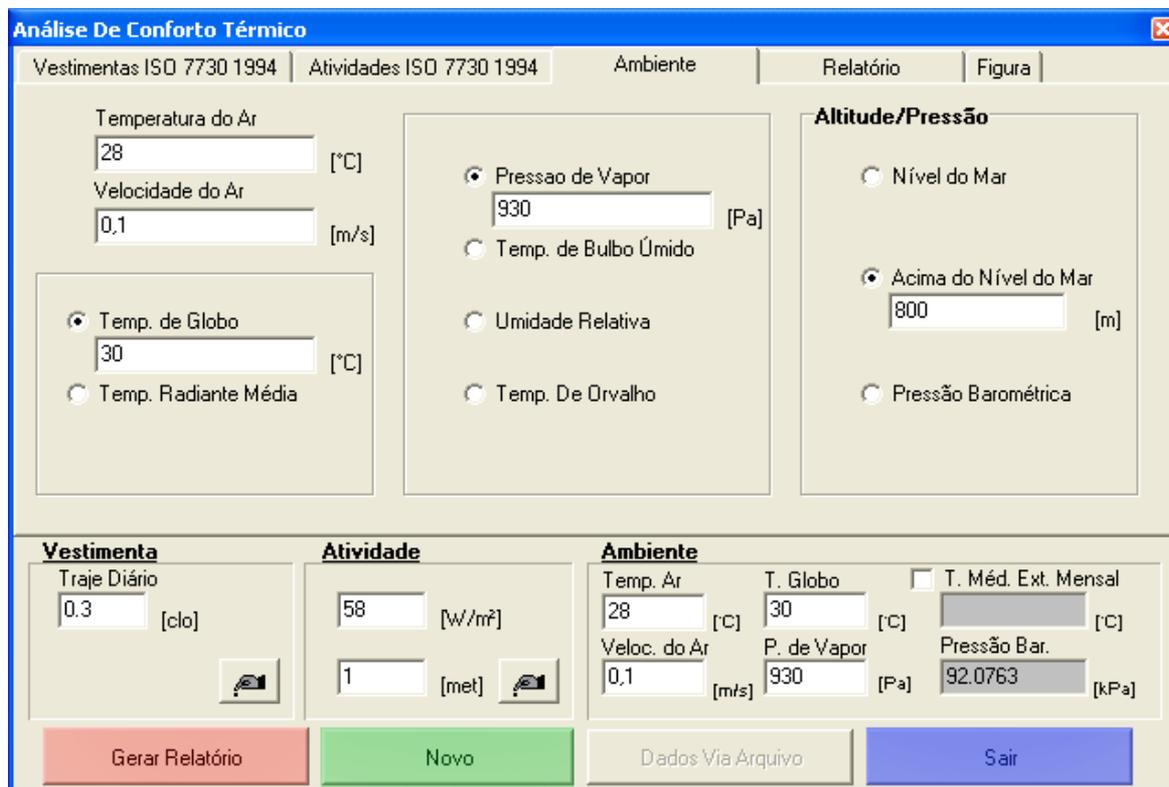
Convecção forçada

$$\bar{t}_r = \sqrt[4]{(t_g + 273)^4 + 2,5 \times 10^8 \cdot x V^{0,6} \cdot x(t_g - t_a)} - 273$$

Trm	Temperatura Radiante Média
t _g	é a temperatura de termômetro de globo (°C);
t _a	é a temperatura do ar (°C);
V	é a velocidade do ar (m/s).

Equação 2

Uma vez preenchidos todos os dados das três abas, relativos ao espaço estudado e à sua localização geográfica, basta clicar no botão **Gerar Relatório** – situado no canto esquerdo inferior da janela e salientado em vermelho na Figura 10 abaixo –, para que o programa forneça os resultados esperados (**VMP** e **PPD**) junto a alguns outros calculados com base nas informações que foram inseridas.



Análise De Conforto Térmico

Vestimentas ISO 7730 1994 | Atividades ISO 7730 1994 | Ambiente | Relatório | Figura

Temperatura do Ar: 28 [°C]
 Velocidade do Ar: 0,1 [m/s]
 Temp. de Globo: 30 [°C]
 Temp. Radiante Média

Pressao de Vapor: 930 [Pa]
 Temp. de Bulbo Úmido
 Umidade Relativa
 Temp. De Orvalho

Altitude/Pressão
 Nível do Mar
 Acima do Nível do Mar: 800 [m]
 Pressão Barométrica

Vestimenta
 Traje Diário: 0,3 [clo]

Atividade
 58 [W/m²]
 1 [met]

Ambiente
 Temp. Ar: 28 [°C]
 T. Globo: 30 [°C]
 T. Méd. Ext. Mensal [°C]
 Veloc. do Ar: 0,1 [m/s]
 P. de Vapor: 930 [Pa]
 Pressão Bar.: 92.0763 [kPa]

Gerar Relatório | Novo | Dados Via Arquivo | Sair

Figura 10

➔ ATENÇÃO:

Existe a possibilidade de se inserir mais um dado no processo, antes de clicar em **Gerar Relatório**, que corresponde à **Temperatura Média Externa Mensal (TMEM)** no ambiente estudado.

A inserção desse dado agrega ao relatório algumas informações suplementares, funcionando como um parâmetro para o estabelecimento de *Temperaturas Neutras* (equivalentes à *Temperatura Operativa de Conforto*). Cada valor apresentado no relatório deriva de pesquisas empreendidas por estudiosos da área, em função das características climáticas e dos níveis de aclimação das pessoas em cada região estudada – o que explica a variação encontrada entre os resultados gerados pelo programa.

Neste campo deve ser inserida a TMEM em graus Celsius.

Figura 11

➔ Voltando...

Ao clicar em **Gerar Relatório**, aparecerá uma janela como a da Figura 12 abaixo, mostrando todas as informações anteriormente referidas. Nessa janela existem duas abas principais: **“Relatório”** e **“Gráficos”**.

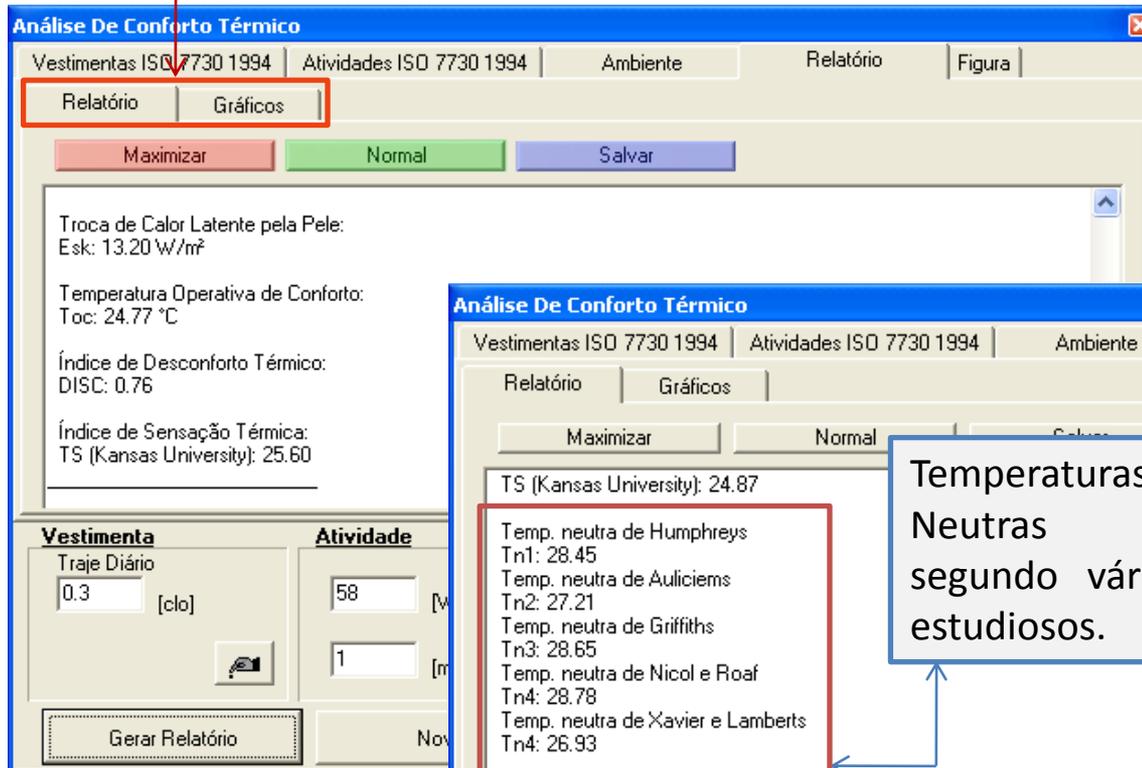


Figura 12

A Figura 13, por sua vez, mostra o relatório gerado quando a TMEM é inserida. Note os diferentes valores de Temperatura Neutra.

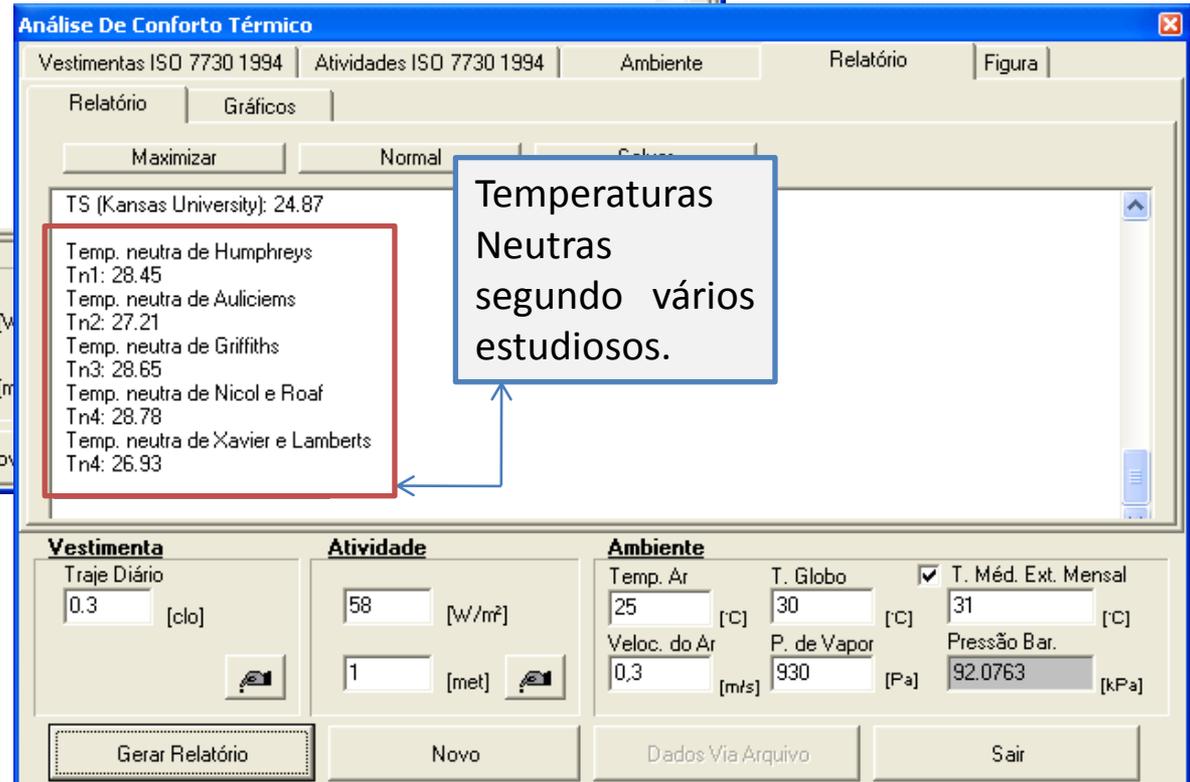


Figura 13

Os recursos oferecidos por cada uma dessas abas serão detalhadamente explicados a seguir, respeitando-se a legenda de cores ao lado.

A aba **Relatório**, que abre automaticamente quando se clica em *Gerar Relatório*, pode ser melhor visualizada ao clicar no botão **Maximizar** (salientado em vermelho na Figura 12 da página anterior). O modo original é restaurado ao se clicar no botão **Normal** (salientado em verde). Já o botão azul **Salvar** grava todos os dados contidos no relatório em uma planilha do Excel.

Os dados contidos no relatório são:

INFORMAÇÕES
DADAS
Variáveis
Humanas e
Ambientais

- VESTIMENTA: Valor da Resistência Térmica característica;
- ATIVIDADE: Valor da Energia Gasta;
- AMBIENTE: Variáveis Ambientais
(fornecidas pelo usuário e pelo programa)
 - Temperatura do Ar;
 - Velocidade do Ar;
 - Temperatura de Bulbo Úmido;
 - Pressão de Vapor;
 - Umidade Relativa;
 - Temperatura de Orvalho;
 - Temperatura Radiante Média;
 - Temperatura de Globo;
 - Pressão Barométrica;
 - Altitude.

RESULTADO
ESPERADO

- ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO
 - PMV;
 - PPD;
 - SET;

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

- CARGA TÉRMICA SOBRE O CORPO (L);
- TROCA DE CALOR SENSÍVEL PELA RESPIRAÇÃO (Cres);
- TROCA DE CALOR LATENTE PELA RESPIRAÇÃO (Eres);
- TROCA DE CALOR SENSÍVEL POR CONVECÇÃO DA PELE (C);
- TROCA DE CALOR SENSÍVEL POR RADIAÇÃO DA PELE (R);
- TROCA DE CALOR LATENTE PELA PELE (Esk);
- TEMPERATURA OPERATIVA DE CONFORTO (Toc);
- ÍNDICE DE DESCONFORTO TÉRMICO (DISC);
- ÍNDICE DE SENSAÇÃO TÉRMICA (TS).
- TEMPERATURAS NEUTRAS.

➔ Revisando o Conteúdo...

A seguir faremos uma revisão do significado de cada uma das variáveis que compõem o relatório. Caso julgue desnecessário ler esta parte, avance para a página [23](#).

- Em **INFORMAÇÕES DADAS**, temos:

1) **Temperatura do Ar (Tar):** Pode ser medida com um termômetro convencional de mercúrio e corresponde à temperatura de bulbo seco (Tbs);

2) **Velocidade do Ar (Var):** Mensura o deslocamento de massas de ar com certa velocidade e direção, sendo medida por um anemômetro-giratório ou um termo-anemômetro (mais recomendado para medições de velocidade do ar em ambiente interno);

3) **Temperatura de Bulbo Úmido (Tbu):** é medida por um termômetro de bulbo úmido, cujo bulbo é coberto por uma malha porosa (geralmente de algodão), que fica mergulhada num recipiente contendo água destilada. A evaporação da água contida na malha envolvente retira calor do bulbo (basta recordar que o processo de evaporação gasta certa quantidade de energia), fazendo com que o termômetro de bulbo úmido indique uma temperatura mais baixa do que a do outro termômetro. Essa evaporação, e conseqüentemente, a redução na temperatura de bulbo úmido são tanto maiores quanto mais seco estiver o ar atmosférico (sendo nulas caso a atmosfera esteja saturada de vapor de água).

4) **Pressão de Vapor (Pv):** é a pressão exercida por um vapor quando este está em equilíbrio dinâmico com o líquido que lhe deu origem, ou seja, a quantidade de líquido (solução) que evapora é a mesma que se condensa. A pressão de vapor é uma medida da tendência de evaporação de um líquido. Quanto maior for a sua pressão de vapor, mais volátil será o líquido, e menor será sua temperatura de ebulição relativamente a outros líquidos com menor pressão de vapor à mesma temperatura de referência.

5) **Umidade Relativa do Ar (Ur):** é a relação entre a quantidade de água existente no ar (umidade absoluta) e a quantidade máxima que poderia haver na mesma temperatura (ponto de saturação). Ela é um dos indicadores usados na meteorologia para se saber como o tempo se comportará (fazer previsões). É medida em porcentagem e pode ser obtida através das medidas de Tbu e Tbs, cruzadas em uma Carta Psicrométrica.

6) **Temperatura de Orvalho:** designa a temperatura à qual o vapor de água presente no ar ambiente passa ao estado líquido na forma de pequenas gotas por via da condensação (o chamado orvalho). É o ponto em que ocorre a saturação do ar pelo decréscimo de temperatura, reduzindo-se, assim, a capacidade do ar atmosférico em conter vapor d'água.

7) **Temperatura Radiante Média (Trm):** é a temperatura média à superfície dos elementos que envolvem um espaço. Mensura tanto o calor perdido através da radiação do corpo como a perda de calor por condução. Deve ser obtida através de cálculo utilizando a equação 2 fornecida pela ISO 7726 (página 12 deste tutorial).

8) **Temperatura de Globo:** mensura o calor radiante em determinado ambiente e deve ser medida através de um aparelho denominado de termômetro de globo.

9) **Pressão Barométrica:** é equivalente à Pressão Atmosférica e consiste na pressão, em qualquer ponto da atmosfera, exercida exclusivamente pelo peso dos gases atmosféricos sobre este ponto.

10) **Altitude:** é a distância medida na vertical entre o nível médio das águas do mar e um determinado ponto. Nesse sentido, também pode ser chamada de altitude ortométrica.

- Em **RESULTADO ESPERADO**, temos:

- 1) **PMV (Predicted Mean Vote)**: O Voto Médio Predito é um critério para avaliação do grau de desconforto experimentado pelas pessoas, em situações diferentes daquelas consideradas confortáveis. É calculado com base na Equação 1, mostrada anteriormente (página 12). Seu resultado é analisado com base em uma escala de sensação térmica definida por Fanger: varia de **+3** a **-3**, indicando o grau de desconforto por calor ou por frio, respectivamente.
- 2) **PPD (Porcentagem de Pessoas Desconfortáveis)**: Estimativa da quantidade de pessoas desconfortáveis em um total de 100% presentes no ambiente em questão.
- 3) **SET (Temperatura Efetiva Standard)**: é a temperatura uniforme de um ambiente imaginário com ar parado, umidade relativa de 50% e temperatura igual à temperatura radiante média, no qual uma pessoa com vestimenta padrão para aquela atividade teria a mesma perda de calor que no ambiente real.

Assim, como exemplifica MCINTYRE (1980), uma pessoa sentada, vestindo roupa leve num ambiente com baixa velocidade do ar ($< 0,2\text{m/s}$) e temperatura de 24°C está numa SET igual a 24°C . Se essa pessoa tirar a roupa, a SET cai para 20°C , porque a temperatura média da sua pele passa a ser igual à de uma pessoa com vestimenta padrão num ambiente com temperatura do ar de 20°C .

- Em **INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES**, temos:

1) **Carga térmica sobre o corpo (L)²**: Carga térmica atuante sobre o corpo das pessoas quando não ocorre balanço térmico entre o homem e o ambiente em questão;

2) **Troca de calor sensível pela respiração (Cres)**:

Equivale à taxa de perda de calor por convecção pela respiração;

3) **Troca de calor latente pela respiração (Eres)**:

Corresponde à taxa de perda de calor por evaporação pela respiração;

4) **Troca de calor sensível por convecção da pele (C)**:

Diz respeito à taxa de perda de calor por convecção pela pele;

5) **Troca de calor sensível por radiação da pele (R)**:

Equivalente à taxa de perda de calor por radiação da pele;

6) **Troca de calor latente pela pele (Esk)**:

Corresponde à taxa de perda de calor por evaporação pela pele.

7) **Temperatura operativa de conforto (Toc)**: Também chamada de temperatura interna de conforto, neutra, ou ótima de conforto, ou ainda segundo a ISO 7730 (1994), temperatura operativa ótima, é aquela a que está sujeita uma pessoa, cuja combinação com os outros parâmetros físicos e pessoais forneça um PMV igual a 0. Assim sendo, a Toc é a que fornece condição de neutralidade térmica à pessoa, sendo, nessa situação, nula a carga térmica atuando sobre o corpo.

² Para o balanço térmico entre o homem e o ambiente ser verificado, a taxa de produção de calor pelo organismo ou taxa metabólica, deve ser igual ao somatório das taxas de perda de calor para o ambiente, citadas anteriormente. Quando essa igualdade não é verificada, diz-se que há uma carga térmica atuando sobre a pessoa (L).

8) **Índice de desconforto térmico (DIS):** A existência da carga térmica atuando sobre a pessoa caracteriza a situação de desconforto térmico (DIS) verificado por essa pessoa, quer seja desconforto por frio ou desconforto por calor.

9) **Índice de Sensação Térmica (TS):** É um índice que usa a escala da ASHARE, estendendo-a em 10 pontos: **-4** para muito frio, **+4** para muito quente e **+5** para excessivamente quente. Pode ser estimado por equações publicadas por um grupo de pesquisa da Universidade Estadual de Kansas. As equações relacionam a temperatura de bulbo seco, com o vapor de água e a duração da exposição, conforme a Figura 14 abaixo.

TABLE 5 Equations for thermal sensation (TS)

exposure	gender		DBT in °C	pv in kPa
1 hour	males	TS =	0.220 DBT +	0.233 pv - 5.673
	females	TS =	0.272 DBT +	0.248 pv - 7.245
	combined	TS =	0.245 DBT +	0.248 pv - 6.475
2 hours	males	TS =	0.221 DBT +	0.270 pv - 6.024
	females	TS =	0.283 DBT +	0.210 pv - 7.694
	combined	TS =	0.252 DBT +	0.240 pv - 6.859
3 hours	males	TS =	0.212 DBT +	0.293 pv - 5.949
	females	TS =	0.275 DBT +	0.255 pv - 8.622
	combined	TS =	0.243 DBT +	0.278 pv - 6.802

(for young adult subjects at sedentary activity, wearing 0.5 clo when MRT = DBT and v < 0.2 m/s)

Figura 14

➔ Voltando à análise dos resultados...

Clicando sobre a segunda aba **Gráficos**, situada ao lado da aba *Relatório*, aparecerá a janela da Figura 15 abaixo, em que um gráfico é fornecido como síntese de todas as informações inseridas e calculadas pelo programa. Este dado relaciona o Percentual de Pessoas Desconfortáveis (PPD) com o Voto Médio Predito (VMP) para o ambiente estudado.

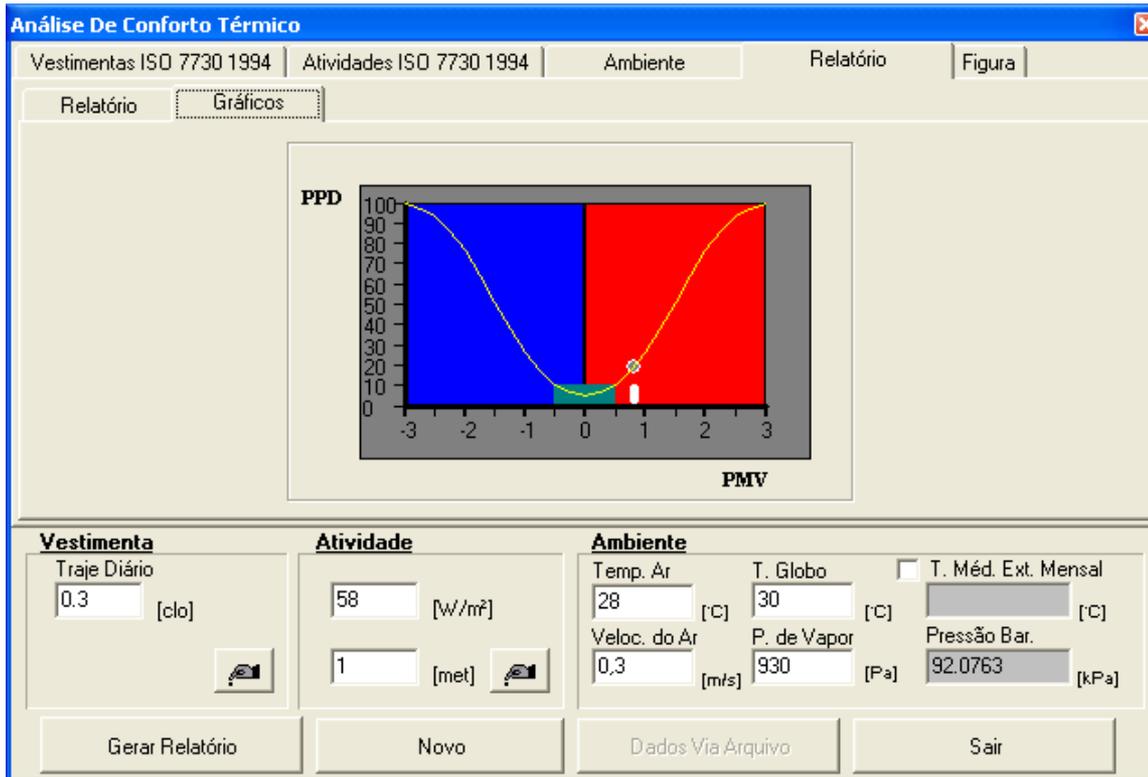


Figura 15

Concluimos então, a partir da análise desse gráfico, que aproximadamente 18% dos usuários do ambiente estudado estão DESCONFORTÁVEIS. Conforme estudado na disciplina, como o Voto Médio Predito está muito próximo de 1, esta situação foge do limite de conforto admitido pela norma ($-0,5 \leq \text{VMP} \leq 0,5$).

Na situação específica observada na Figura 15 ao lado, percebe-se que a cor **AZUL** representa o desconforto por **FRIO**, enquanto a cor **VERMELHA** representa o desconforto por **CALOR**.

Já a curva do gráfico corresponde à sua função geradora³, ao passo que o ponto escuro marca os valores de VMP e PPD para a situação calculada.

³ $PPD = 100 - 95.e^{-[0,03353.PMV^4 + 0,2179.PMV^2]}$

Quando se clica em **Gerar Relatório**, também aparecem duas abas adicionais às três primeiras: *Relatório* e *Figura*. A aba **Relatório** aparece imediatamente e, por isso, já foi explicada. A aba **Figura**, por sua vez, fica ao lado da primeira. Ao clicar sobre ela, aparecerá a janela da Figura 16 abaixo. Basta clicar sobre o botão **Exibir Figura**, salientado em vermelho, para que seja mostrada uma charge que sintetiza todas as informações fornecidas pelo relatório – como é possível observar na Figura 17 que segue.

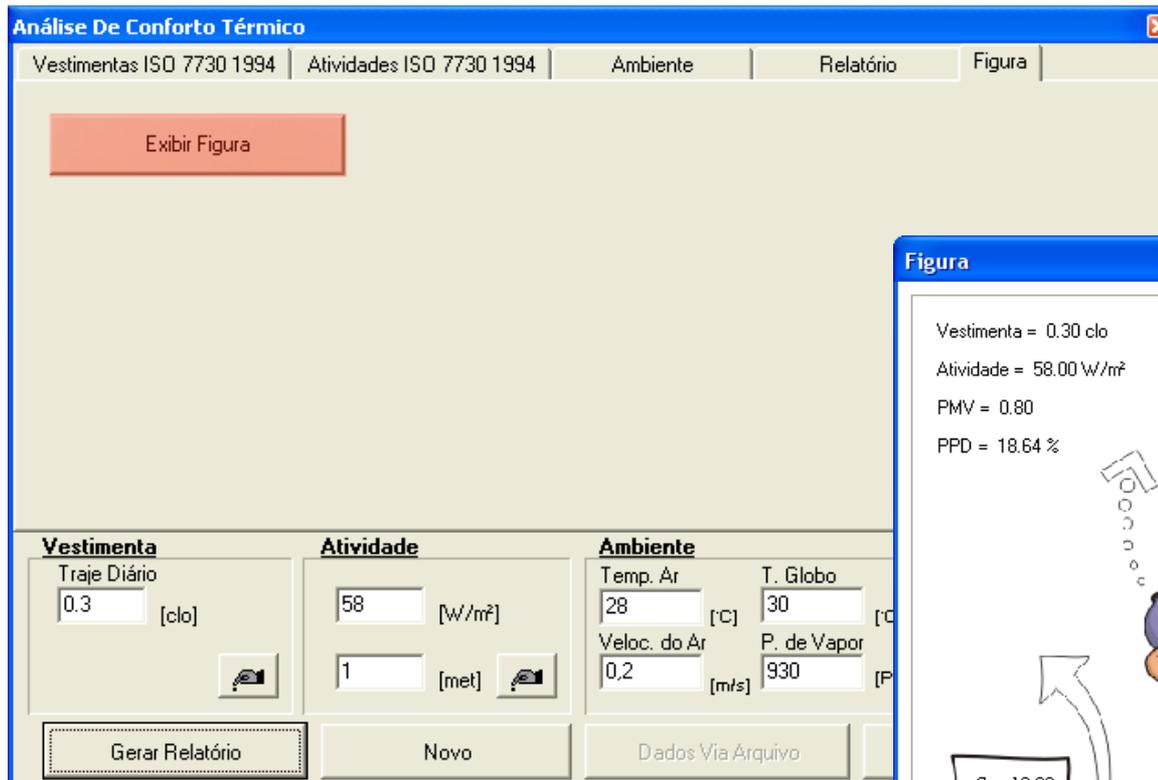


Figura 16

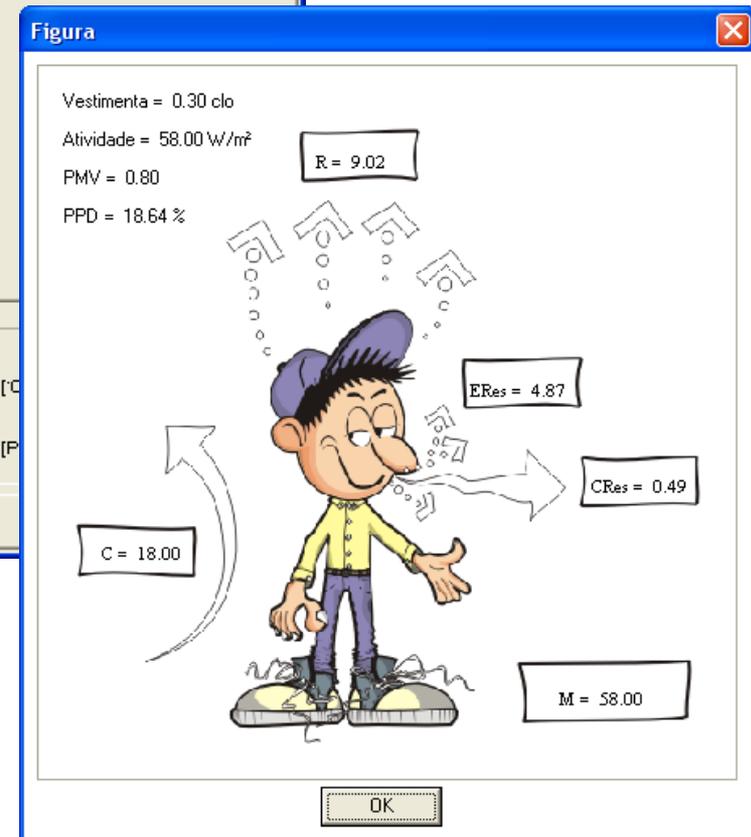


Figura 17

Para gerar um novo relatório, contendo informações correspondentes a outra situação climática do mesmo ambiente ou de um novo ambiente de interesse, basta clicar sobre o botão **Novo** (que está ao lado do ícone *Gerar Relatório*, no canto inferior esquerdo da janela, e salientado em verde na Figura 18 abaixo). Aparecerá então, novamente, a janela da [Figura 3](#), em que todas as informações de cada uma das três abas devem ser preenchidas para que se possa obter um novo resultado.



Análise De Conforto Térmico

Vestimentas ISO 7730 1994 | Atividades ISO 7730 1994 | Ambiente | Relatório | Figura

Temperatura do Ar: 28 [°C]
Velocidade do Ar: 0,1 [m/s]
Temp. de Globo: 30 [°C]
Temp. Radiante Média: [] [°C]

Pressao de Vapor: 930 [Pa]
Temp. de Bulbo Úmido: [] [°C]
Umidade Relativa: [] [%]
Temp. De Orvalho: [] [°C]

Altitude/Pressão: 800 [m]
Nível do Mar: [] [m]
Pressão Barométrica: [] [kPa]

Vestimenta
Traje Diário: 0,3 [clo]

Atividade
58 [W/m²]
1 [met]

Ambiente
Temp. Ar: 28 [°C]
T. Globo: 30 [°C]
Veloc. do Ar: 0,1 [m/s]
P. de Vapor: 930 [Pa]
Pressão Bar.: 92.0763 [kPa]
T. Méd. Ext. Mensal: [] [°C]

Gerar Relatório | Novo | Dados Via Arquivo | Sair

Figura 18

Finalmente, para fechar a janela de Análise de Conforto Térmico, deve-se clicar sobre o botão **Sair** (situado no canto direito inferior da janela e salientado em azul), retornando-se então para a [janela inicial](#) do programa.