

ANÁLISE DA VARIAÇÃO DA TEMPERATURA EM BLOCOS DE ALVENARIA ATRAVÉS DO MÉTODO DE AJUSTE DE CURVAS

Categoria: Ensino Superior

Modalidade: Matemática Aplicada e Inter-relação com outras Disciplinas

SCHIMANOWSKI, Eric Renã Zavitzki; OLIVEIRA, Gabrielli Tápia de; AVI, Peterson Cleyton.

Instituição participante: UNIJUÍ – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – Ijuí/RS.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi desenvolvido na disciplina de Cálculo Numérico Computacional no Curso de Engenharia Civil da UNIJUÍ, por um grupo de 3 alunos no 1ª semestre de 2018, e tem como objetivo relacionar os conteúdos abordados na disciplina, mais especificamente ajuste de curvas, com materiais constantemente utilizados no ambiente da construção civil. Ademais, é válido ressaltar que a determinação do tema ocorreu com o intuito de surtir relevância na futura vida profissional de um estudante de engenharia civil permitindo que esse seja capaz de optar pelo material mais adequado para cada situação. Dentre a ampla gama de materiais disponíveis no mercado, a escolha dos blocos de concreto e cerâmico se deu, pois esses estão presentes no cotidiano e são de fácil acesso. A argila expandida foi utilizada com o intuito de testar suas propriedades de isolamento térmico e avaliar seu impacto na variação de temperatura dos blocos.

CAMINHOS METODOLÓGICOS

Para a obtenção dos dados experimentais utilizou-se dois blocos - de concreto com dimensões 14x19x39 cm e cerâmico com dimensões 14x19x29 cm -, um pacote de 1,2kg de argila expandida, termômetro a laser, isopor, refletor e uma lâmpada incandescente de 100w e 220v. Primeiramente, com o intuito de avaliar de forma mais minuciosa a transferência de calor

em ambos os blocos, nomeou-se e definiu-se que seriam medidas as temperaturas referentes a quatro paredes, conforme a colagem de figuras a seguir:

Figura 01 – Colagem referente às paredes do bloco cerâmico e do bloco de concreto, respectivamente.



Fonte: Autoria Própria (2018)

Em seguida, os blocos foram isolados - revestidos - com isopor e expostos à fonte de calor, ou seja, ao refletor com a luz incandescente acesa. As temperaturas foram colhidas com o uso do termômetro a laser a cada dez minutos, durante uma hora e trinta minutos. Tal procedimento foi realizado com o interior dos blocos vazio e preenchido por argila expandida.

Por fim realizou-se o ajuste de curvas, que consiste na escolha de uma função que mais se encaixe no grupo de dados obtidos e que permita uma “extrapolação”. De acordo com RUGGIERO (1996, p.282) dada a tabela de pontos, deve-se, em primeiro lugar, colocar estes pontos num gráfico cartesiano. Tal gráfico é denominado diagrama de dispersão e através desse pode-se avaliar qual a curva que melhor se ajusta aos dados. Para o presente trabalho utilizou-se os métodos explanados a seguir:

1- Método de Procura em Rede Modificado

Para encontrar a melhor curva para os dados obtidos sobre a “Parede exposta” e a “Parede interna 1”, utilizou-se o Método de Procura em Rede Modificado tendo em vista que o experimento gerava um Problema Inverso (PI). Conforme AVI (2011, p.61) na matemática, tem-se que o problema é dito PI quando, a partir dos efeitos de determinado fenômeno, procura-se suas causas. Assim, para o experimento e os dados coletados procurou-se determinar a função que originou a curva de temperatura *versus* tempo nas paredes informadas.

Ademais, o Método de Procura em Rede Modificado consiste em definir intervalos para cada parâmetro a ser encontrado na função, dividi-los em N partições e estimar a melhor combinação de valores para o que se procura. Quanto mais próximo da solução exata estiver o

intervalo, mais eficaz se torna o método e, portanto, melhor a representação dos dados pela curva, ou seja, mais perto de 1 estará o valor de R^2 . Dessa forma, o método possui soluções subótimas já que, de acordo com AVI (2011, p.60 apud SILVA NETO e MOURA NETO, 2005; BORGES, 2008), “[...] não há garantia de que a solução ótima pertença aos intervalos pré-definidos e não há um critério de convergência”. Portanto, o método é exaustivo, pois é necessário combinar cada subdivisão dos intervalos com as demais. Para esse trabalho o método foi aplicado computacionalmente através do software MatLab, utilizando o código de autoria do Professor Msc. Peterson Cleyton Avi.

2- Método dos mínimos quadrados

Com o objetivo de encontrar as curvas características para a atividade desenvolvida, utilizou-se o Método dos Mínimos Quadrados para o ajuste polinomial de 2ª e 3ª ordem na representação dos dados obtidos sobre a “Parede interna 2” e a “Parede externa”, devido à sua menor variação de temperatura. RUGGIERO (1988, p.272) aponta que o método consiste em obter os coeficientes para a função polinomial, de forma que a soma dos quadrados dos desvios seja a menor encontrada. Nesse sentido utiliza-se o conceito de taxa de variação, através das derivadas parciais, para determinar a menor distância entre os pontos obtidos experimentalmente e a função a ser encontrada pelo ajuste. Ainda assim é necessário verificar se a curva encontrada representa os dados adequadamente através do parâmetro R^2 .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tabelas e os gráficos a seguir referem-se aos dados experimentais obtidos para os bloco cerâmico e de concreto e seus respectivos ajustes de curva realizados.

Tabela 01 – Temperaturas referentes às paredes do bloco cerâmico sem o uso de argila

Tempo (min)	Parede exposta (°C)	Parede interna 1 (°C)	Parede interna 2 (°C)	Parede externa (°C)
0	16	16	16	16
10	55,1	22	17	16,6
20	68,2	29,2	18,2	16,9
30	69,5	31,4	18,5	17,2
40	74,1	35,2	20	18
50	82	40,8	25,6	21
60	83,2	43,5	27,4	22,7
70	85	44	28,4	23,1
80	86,2	44,7	29,5	24,4
90	87,5	45,1	30,1	25

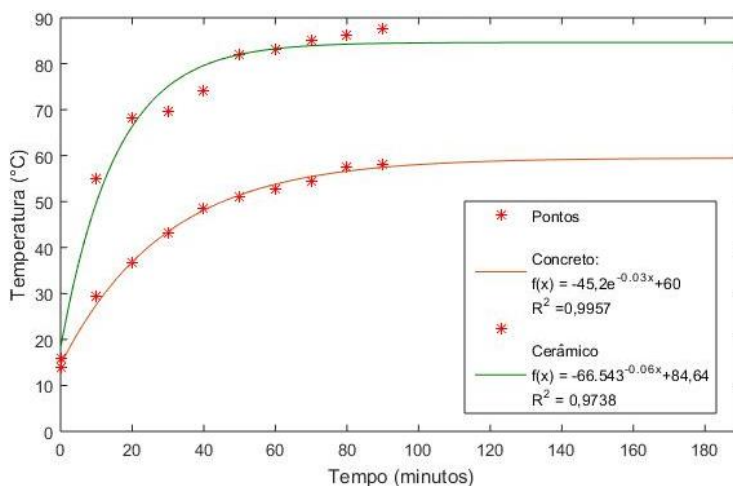
Fonte: Autoria própria através do aplicativo Excel (2018).

Tabela 02 – Temperaturas referentes às paredes do bloco de concreto sem o uso de argila expandida.

Tempo (min)	Parede exposta (°C)	Parede interna 1 (°C)	Parede interna 2 (°C)	Parede externa (°C)
0	13,9	13,9	13,9	13,9
10	29,4	17,7	14	13,9
20	36,6	24	14,6	14,1
30	43,2	30,1	16,2	15,3
40	48,4	34,8	18,2	16,9
50	51	37,8	19,1	17,7
60	52,6	40,3	20,3	18,8
70	54,5	40,9	20,7	19
80	57,5	44,5	22,2	19,9
90	58,1	45	23,1	21

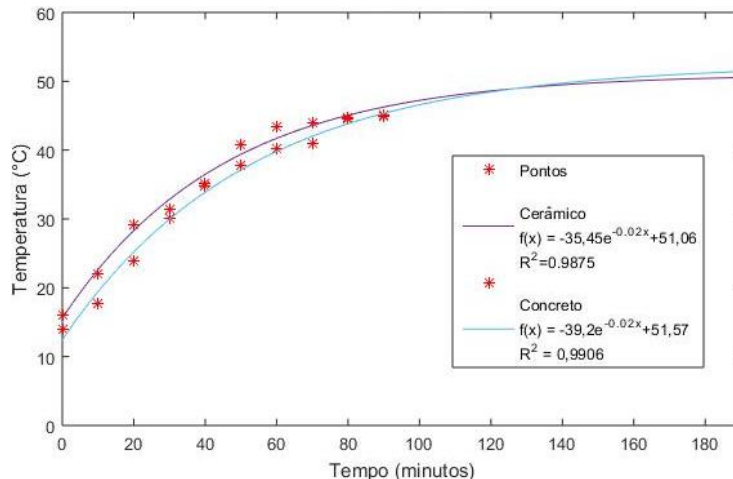
Fonte: Autoria própria através do aplicativo Excel (2018).

Figura 02 – Ajuste exponencial através do Método da Procura em Rede Modificado referente à “Parede Exposta” nos blocos cerâmico e de concreto .



Fonte: Autoria própria através do software MatLab (2018).

Figura 03 – Ajuste exponencial através do Método da Procura em Rede Modificado referente à “Parede Interna 1” no bloco cerâmico e de concreto.



Fonte: Autoria própria através do software MatLab (2018).

As tabelas a seguir apresentam os dados experimentais com a presença de argila expandida. É válido ressaltar que as curvas relativas à “Parede Exposta” e à “Parede Interna 1” são iguais (ou extremamente semelhantes) às curvas obtidas no experimento sem argila, logo, essas não serão novamente exibidas.

Tabela 03 – Temperaturas referentes às paredes do bloco de concreto com o uso de argila expandida.

Tempo (min)	Parede exposta (°C)	Parede interna 1 (°C)	Parede interna 2 (°C)	Parede externa (°C)
0	23,1	23,1	23,1	23,1
10	52,4	25,1	23,8	23,3
20	60,9	27,6	23,9	23,7
30	79	34,2	24,8	24,3
40	84,5	41,3	27,8	24,9
50	89,8	44,3	28,7	25,6
60	90,7	45,6	29,2	26
70	92,5	46,3	29,7	26,6
80	93,5	47	30,9	27,8
90	94,4	49,5	31,2	28

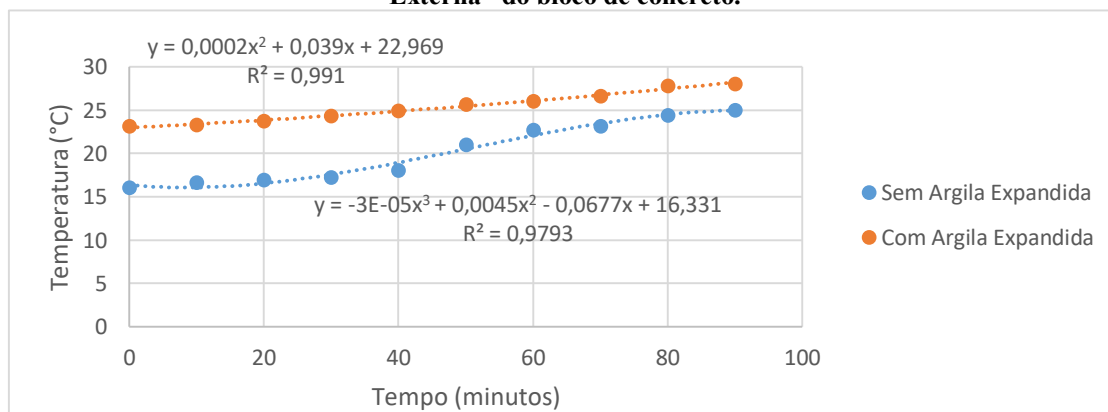
Fonte: Autoria própria através do software MatLab (2018).

Tabela 04 – Temperaturas referentes às paredes do bloco cerâmico com o uso de argila expandida.

Tempo (min)	Parede exposta (°C)	Parede interna 1 (°C)	Parede interna 2 (°C)	Parede externa (°C)
0	18,4	18,4	18,4	18,4
10	42	20,9	18,4	18,4
20	50,5	28,2	18,7	18,4
30	58	34,3	21,2	19,2
40	60,4	37,9	21,6	19,6
50	62,9	41,1	22,7	19,6
60	65,4	42,2	23,1	19,9
70	66,5	43,6	23,4	20,8
80	67,7	45,6	23,9	21,4
90	68,7	47,3	24,6	21,8

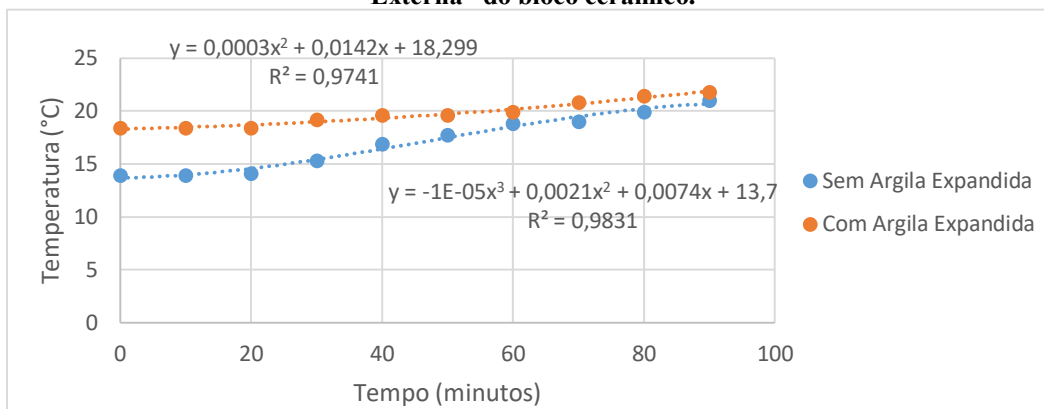
Fonte: Autoria própria através do aplicativo Excel (2018).

Figura 04 – Ajuste polinomial através do Método dos Mínimos Quadrados referente à “Parede Externa” do bloco de concreto.



Fonte: Autoria própria através do aplicativo Excel (2018).

Figura 05 – Ajuste polinomial através do Método dos Mínimos Quadrados referente à “Parede Externa” do bloco cerâmico.

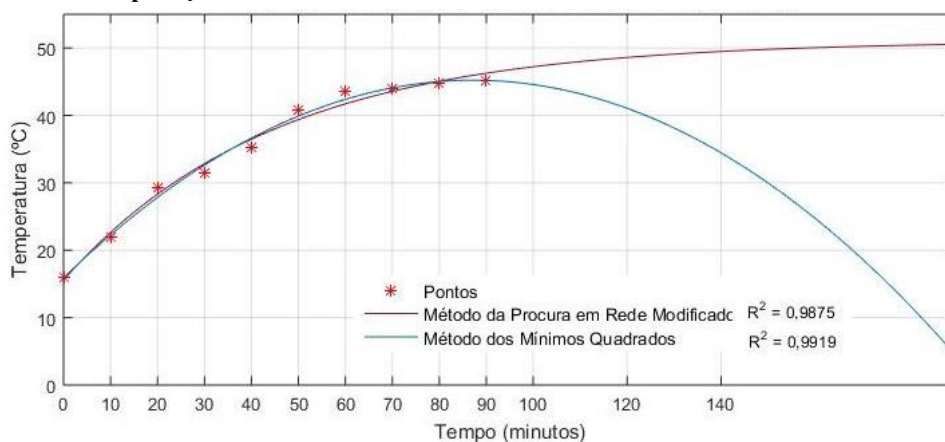


Fonte: Autoria própria através do aplicativo Excel (2018).

3- Comparação dos métodos

Para análise única e expressamente no intervalo de dados coletados experimentalmente, é perceptível que o Método dos Mínimos Quadrados gera uma curva polinomial que representa os dados mais adequadamente em comparação ao Método da Procura em Rede Modificado, pois o seu valor de R^2 é mais próximo de 1. Já para a análise no exterior dos dados o Método dos Mínimos Quadrados não deve ser utilizado, pois com o passar do tempo, a função polinomial tende a diminuir os valores da temperatura (o que na realidade não ocorre). A função que envolve trocas de calor é comumente percebida como logarítmica, que tende a se tornar constante com o tempo.

Figura 06 – Comparação dos métodos usados referente à “Parede Interna 1” do bloco cerâmico.



Fonte: Autoria própria através do software MatLab (2018).

CONCLUSÕES

Tendo em vista que o objetivo do trabalho é a compreensão de conteúdos abordados na disciplina de Cálculo Numérico Computacional, mais especificamente ajuste de curvas, consideramos que a presente atividade foi de fundamental importância para relacionar a teoria com a prática. Em relação aos métodos utilizados é notável que, nesse caso, apesar do Método dos Mínimos Quadrados representar os dados tão adequadamente quanto o Método da Procura em Rede Modificado esse não permite extrapolações, ou seja, só pode ser utilizado no interior dos dados.

Outrossim, os resultados obtidos do experimento com argila expandida estavam dentro das expectativas, provando que esse material possui razoáveis características isolantes gerando diminuição na variação da temperatura dos dois blocos utilizados, o que pode ser observado no valor das derivadas em determinados pontos, para a parede externa do bloco cerâmico a taxa de variação em 30 minutos foi $0,1064\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ sem a utilização da argila expandida e $0,0322\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ com sua utilização, já aos 60 minutos a diferença nas variações foi ainda maior; com o isolante a taxa foi $0,0502\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ superando o valor encontrado sem seu uso, $0,1514\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$. Ademais, para o bloco de concreto, na mesma parede, a variação em 30 e 60 minutos foi, respectivamente, $0,051\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ e $0,063\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ com argila expandida e $0,1213\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ e $0,1483\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ sem essa.

REFERÊNCIAS

AVI, Peterson Cleyton. **Modelo semi-empírico para modelagem da transferência simultânea de calor e água no solo**. 2011. 86f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) - UNIJUÍ – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, 2011.

BAUER, L. A. (Coord.). **Materiais de construção**. Rio de Janeiro: LTC, 1994/2012. v.1.

BORGES, P. A. P.; VIONE, M. T. e CERVI, A. **Determinação dos Coeficientes do Modelo de Van Genuchten Empregando o Problema Inverso**. Anais do VIII Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional, Pelotas, 2008.

RUGGIERO, Márcia A. Gomes; LOPES, Vera Lúcia da Rocha. **Cálculo numérico: aspectos teóricos e computacionais**. São Paulo: Pearson Makron Books, 1988/2014.

SILVA NETO, A. J.; MOURA NETO, F. D. **Problemas Inversos: Conceitos Fundamentais e Aplicações**. UERJ. Rio de Janeiro, 2005.

Trabalho desenvolvido para a disciplina de Cálculo Numérico Computacional (1º semestre, 2018), curso de Engenharia Civil da UNIJUÍ, pelos alunos:

Expositor: Eric Renã Zavitzki Schimanowski; **e-mail:** ezschimanowski@gmail.com;

Expositor: Gabrielli Tápia de Oliveira; **e-mail:** tapia.gaby@hotmail.com;

Professor Orientador: Peterson Cleyton Avi; **e-mail:** peterson.avi@unijui.edu.br;