

ESTUDO NUMÉRICO DA SOLIDIFICAÇÃO DE ERITRITOL EM ESFERAS

José Henrique Nazzi Ehms – jhehms@gmail.com

Fábio Andrei Bodnar – bodnar100@gmail.com

Rejane De César Oliveski – decesar@unisinos.br

Universidade do Vale do Rio dos Sinos, <http://www.unisinos.br>

F3 – Métodos de Modelamento e Estimativas Energéticas

Resumo: A crescente demanda por recursos energéticos renováveis impulsiona o desenvolvimento de componentes para sistemas térmicos e energéticos. Neste cenário, sendo o eritritol um material com alta capacidade de armazenagem térmica, a análise do comportamento do mesmo em várias temperaturas é de grande valia. Partindo desta premissa, o objetivo do presente trabalho é apresentar um modelo matemático e numérico capaz de reproduzir a solidificação de eritritol em esferas de 10, 20 e 40 mm de diâmetro, sob temperaturas de parede 10, 20 e 30 K abaixo do ponto de fusão do material. Para atingir este objetivo, foi empregado o software Fluent 16.1, considerando a estrutura bidimensional, resolvendo as equações de conservação da massa, quantidade de movimento, energia e de fração volumétrica. O modelo apresenta uma boa concordância com estudo experimental presente na literatura, desta forma, validando-o, e sendo assim adequado à análise da solidificação de outros PCM's em esferas com dimensões diferentes e submetidos a outras temperaturas. Com os resultados obtidos, é possível concluir que a temperatura da parede da esfera é o fator predominante no tempo de solidificação do PCM, sendo que, esta temperatura determina sua eficiência, tornando-se o principal fator observado no seu uso em sistemas térmicos.

Palavras-chave: CFD, Materiais em mudança de fase (PCM), Solidificação, Eritritol.

1 INTRODUÇÃO

A instabilidade da matriz energética nacional aliada a necessidade de preservação ambiental, salienta a importância em desenvolver estudos acerca do desempenho de componentes de sistemas térmicos, alimentados por fontes energéticas renováveis. Sendo a energia solar uma abundante e acessível fonte de energia renovável, a análise de desempenho dos componentes que realizam a sua captação, transformação e armazenagem são de grande valia para o desenvolvimento e aperfeiçoamento de sistemas térmicos.

As principais formas de armazenamento de energia térmica em materiais são: calor sensível, calor latente e calor de reações químicas (Gil et al., 2010). A aplicabilidade de armazenadores de calor latente, isto é, materiais em mudança de fase (PCM), se estende às diversas áreas que necessitam de armazenamento de energia térmica, sendo este utilizado normalmente em sistemas de aquecimento por energia solar, processos industriais, conservação de alimentos e climatização de ambientes. Para a avaliação de desempenho do mesmo, o desenvolvimento de modelos numéricos em Fluidodinâmica Computacional (CFD) mostra-se uma importante ferramenta a este fim.

Os PCM's são classificados de acordo com suas características entre orgânicos, inorgânicos e misturas eutéticas. Os principais subgrupos dos materiais orgânicos são as parafinas e ácidos graxos. No grupo dos inorgânicos, os principais tipos de materiais são os hidratos de sais e as ligas metálicas. As misturas eutéticas podem ser formadas por dois ou mais componentes de qualquer tipo que formem um composto eutético, desde que não haja segregação de fases (Sharma et al., 2009). Existem diversos PCM's que são comercializados por fornecedores como Rubitherm GmbH, PCM Products Ltd; BASF; Phase Change Energy Solutions, Inc. Os materiais são fornecidos tanto a granel quanto encapsulados em vários formatos diferentes, como placas, bolsas, esferas, cilindros e microcápsulas.

Hale et al. (1971) exemplificam algumas propriedades e características a serem analisadas em um PCM para um bom desempenho de armazenamento, sendo as principais alto calor latente de fusão, alta condutividade térmica, alto calor específico, alta massa específica, baixa variação de volume na mudança de fase, baixa pressão de vapor, compatibilidade com o material do reservatório e ausência de comportamentos perigosos como inflamabilidade ou risco de explosão.

Atualmente, existem diversas pesquisas publicadas sobre PCM para aplicações em uma ampla faixa de temperaturas. Nomura et al. (2010) apresentam uma breve análise da quantidade de publicações sobre PCM entre os anos de 2001 e 2009. Dentre os 542 artigos encontrados pelos autores, foi constatado um aumento no número de publicações ao longo dos anos. Segundo os autores, a temperatura de fusão dos materiais estudados parte de 273K (0°C) até valores acima de 573 K (300°C), sendo que na maior parte das pesquisas encontram-se entre 293K e 333K (20°C e 60°C).

Dentre os estudos presentes na literatura, as principais variações geométricas analisadas são: cavidades retangulares, esferas, tubos verticais ou horizontais e reservatórios do tipo duplo-tubo ou casco e tubos. Dubovsky et al. (2008), por exemplo, apresentam um estudo numérico da solidificação do material RT27 no interior de um cilindro vertical bidimensional, variando a razão de aspecto e a quantidade de material no seu interior. Estes autores também estudaram a influência de diferentes condições térmicas de contorno. Já Assis et al. (2009) estudaram também a solidificação do RT27 em geometria esférica com diâmetro de 40 mm de modo experimental e numérico. Na comparação entre os modelos, foi observada semelhança tanto em quantidade quanto no formato da fração de material solidificado em diferentes intervalos

de tempo decorrido no processo de solidificação. Sendo este trabalho, a base para Borahel et al. (2015) analisarem numericamente a influência da temperatura da parede na solidificação de eritritol em geometria esférica bidimensional.

O presente trabalho apresenta um estudo numérico bidimensional transiente, por CFD, sobre o processo de solidificação do PCM eritritol. Para este fim, o modelo matemático e numérico é validado com trabalhos experimentais da literatura, mostrando boa concordância entre si. São apresentados resultados de fração líquida ao longo do tempo para os diferentes diâmetros e condições de temperatura analisados, bem como análise da influência da temperatura e do diâmetro no tempo total de solidificação.

2 METODOLOGIA

A solução do problema é obtida através de simulação numérica por CFD. Nesta seção, são apresentados o modelo físico, o modelo matemático, as condições de contorno e demais configurações do software utilizadas nas simulações numéricas, bem como as análises de independência de malha e temporal. O software utilizado para criação da geometria e da malha computacional foi o ANSYS ICEM-CFD 16.1 e as simulações foram executadas com o software ANSYS Fluent 16.1.

2.1 Modelo físico

A geometria analisada neste estudo é esférica, conforme mostrado na Fig. 1, sendo preenchida com 98,5% de PCM e o restante completado com ar, que escoa pela abertura, localizada na parte superior, de modo a manter a pressão constante no interior da esfera durante o processo de solidificação.

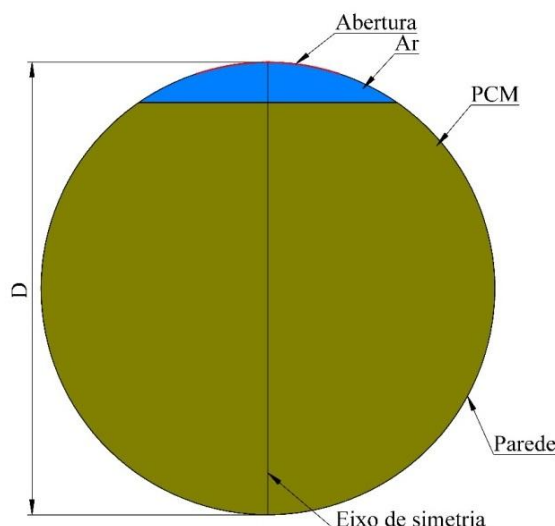


Figura 1 – Geometria analisada.

Nas simulações, foram analisados diferentes diâmetros (D). O PCM contido nas esferas é o eritritol, cujo ponto de fusão é 391 K (118°C). As propriedades deste material são mostradas na Tab. 1. Os valores de viscosidade foram retirados do estudo experimental de Sillick e Gregson (2012), enquanto as demais propriedades foram apresentadas por Agyenim et al (2010) e Hesarakis (2011).

Tabela 1. Propriedades físicas do eritritol

Propriedade	Valor
Calor latente de fusão (J kg^{-1})	339000
Massa específica (kg m^{-3})	1480 (389K) – 1300 (413K)
Calor específico ($\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$)	1350 (389K) – 2740 (413K)
Condutividade térmica ($\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$)	0,733 (389K) – 0,326 (413K)
Viscosidade dinâmica ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$)	$2,7749 \times 10^{-5} T^2 - 0,0231747 T + 4,844$

Para todos os casos analisados, o ar que entra na esfera tem temperatura igual à da parede e pressão igual à atmosférica, com variação da massa específica dada como: $\rho = 1,2 \times 10^{-5} T^2 - 0,01134 T + 3,4978$ (Assis et al., 2007), onde ρ é a massa específica (kg m^{-3}) e T é a temperatura (K).

2.2 Modelo matemático

O modelo matemático para solução do problema consiste das equações da conservação da massa, da quantidade de movimento e de energia (ANSYS 2015), apresentadas nas Eq. 1, 2 e 3, respectivamente.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \cdot \vec{V}) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho \cdot \vec{V}}{\partial t} + \nabla (\rho \cdot \vec{V} \cdot \vec{V}) = -\nabla p + \nabla (\mu \cdot \nabla \vec{V}) + \rho \cdot g + S \quad (2)$$

$$\frac{\partial (\rho \cdot h)}{\partial t} + \nabla (\rho \cdot \vec{V} \cdot h) = \nabla (k \cdot \nabla T) \quad (3)$$

onde t é o tempo (s), $\vec{V}$ é o vetor velocidade (m s^{-1}), p é a pressão (Pa), μ é a viscosidade dinâmica ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$), g é a aceleração da gravidade ($9,81 \text{ m s}^{-2}$), S é o termo fonte da quantidade de movimento (Pa m^{-1}), k é a condutividade térmica ($\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$) e h é a entalpia total (J kg^{-1}), obtida pela soma da entalpia sensível, (h_{se}) e da variação da entalpia na mudança de fase (h_{la}). A entalpia sensível é calculada através da Eq. 4.

$$h_{se} = h_{ref} + \int_{T_{ref}}^T C_p dT \quad (4)$$

onde h_{ref} é a entalpia na temperatura de referência (T_{ref}) e C_p é o calor específico a pressão constante ($\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$). A entalpia na mudança de fase é calculada através da Eq. 5.

$$h_{la} = \beta \cdot L \quad (5)$$

onde β é a fração de volume do líquido e L é o calor latente (J kg^{-1}).

A técnica da entalpia-porosidade, analisada por Brent e Voller (1988), trata a área de interface entre o sólido e o líquido (região parcialmente solidificada) como uma zona porosa. A porosidade em cada célula é definida como igual à fração líquida naquela célula e é calculada através do termo fonte da quantidade de movimento conforme Eq. 6.

$$S = \frac{(1-\beta)^2}{(\beta^3 + \varepsilon)} \cdot C \cdot \vec{V} \quad (6)$$

onde ε é um valor pequeno (0,001) para evitar divisão por 0 (zero) e C é a constante “mushy zone” (constante da zona porosa) ($\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-2}$), que indica o amortecimento da velocidade do material até zero na medida que solidifica.

A fração líquida de PCM durante a mudança de fase é calculada através da Eq. 7.

$$\beta = \begin{cases} 0 & \text{se } T < T_s \\ 1 & \text{se } T > T_l \\ \frac{T-T_s}{T_l-T_s} & \text{se } T_s < T < T_l \end{cases} \quad (7)$$

onde T_s é a temperatura na qual o material líquido finaliza a solidificação e T_l é a temperatura na qual o material líquido inicia a solidificação.

Como o problema possui fluidos diferentes que não são misturados, é utilizado o modelo de volume de fluido (VOF – Volume of Fluid). Neste modelo a fração volumétrica de um fluido dentro de uma célula é descrita pela Eq. 8.

$$\frac{\partial (\alpha_n)}{\partial t} + \nabla (\alpha_n \cdot \vec{V}) = 0 \quad (8)$$

onde α_n é a fração volumétrica do PCM na n ésima célula computacional, cujo valor varia de 0 para a célula que não contém PCM à 1 para a célula cheia de PCM. As células que ficam na interface entre os dois fluidos possuem valores entre 0 e 1.

2.3 Condições de contorno e controle de simulação

As condições de contorno inseridas no software definem as condições físicas do problema. Em todos os casos simulados, a temperatura inicial do sistema é de 393 K, tanto para o PCM quanto para o ar. Na parede da esfera, além das diferentes condições de temperatura analisadas foi utilizada a condição de não deslizamento. A abertura possui a condição “Pressure-outlet”, com as condições de pressão e temperatura já descritas.

No modelo analisado, foram realizadas simulações de 3 diferentes diâmetros (10, 20 e 40 mm) e configurações de temperatura ($\Delta T=10, 20$ e 30K) entre o lado interno da parede e a temperatura média de fusão do PCM.

O software utilizado permite diversos métodos de resolução das equações apresentadas na seção 2.2. Neste estudo, foi utilizado o método SIMPLE para acoplamento pressão-velocidade, esquema PRESTO para correção da pressão,

Second Order Upwind para solução das equações da quantidade de movimento e da conservação da energia e Geo-Reconstruct para correção da fração volumétrica. Foram também utilizados os coeficientes de relaxamento de 0,4 para pressão; 0,2 para fração líquida; 0,8 para energia e 0,5 para massa específica, forças de corpo e quantidade de movimento. Em todas as simulações, os critérios de convergência utilizados foram 10^{-8} para energia e 10^{-5} para as equações da conservação da massa e da velocidade.

Para executar o presente trabalho foi realizada uma análise de diferentes valores da constante C no modelo de solidificação e fusão (“mushy zone”), com o valor de 10^8 apresentando melhores resultados e sendo utilizado em todas as simulações.

2.4 Testes de independência de malha e temporal

O problema foi considerado bidimensional e simétrico no eixo vertical. Sendo assim, foi utilizada metade da geometria na simulação de modo a reduzir o tempo de processamento. Para assegurar a validade dos resultados, foram executados testes de independência de malha e temporal. O teste de independência de malha foi executado em 3 malhas hexaédricas com tamanhos e quantidades de elementos diferentes: 2448, 3918 e 5942, elementos, todas apresentando refino junto à parede. Não foram observadas diferenças significativas entre a malha de tamanho médio e a mais refinada, enquanto a de 2448 elementos apresentou problemas de convergência. Desta forma, seu uso é descartado. Partindo desta análise de desempenho, a malha utilizada neste estudo foi a de 3918 elementos, mostrada na Fig. 2, pois a utilização da malha mais refinada representaria um aumento de tempo para o processamento, sem melhoria justificável nos resultados.

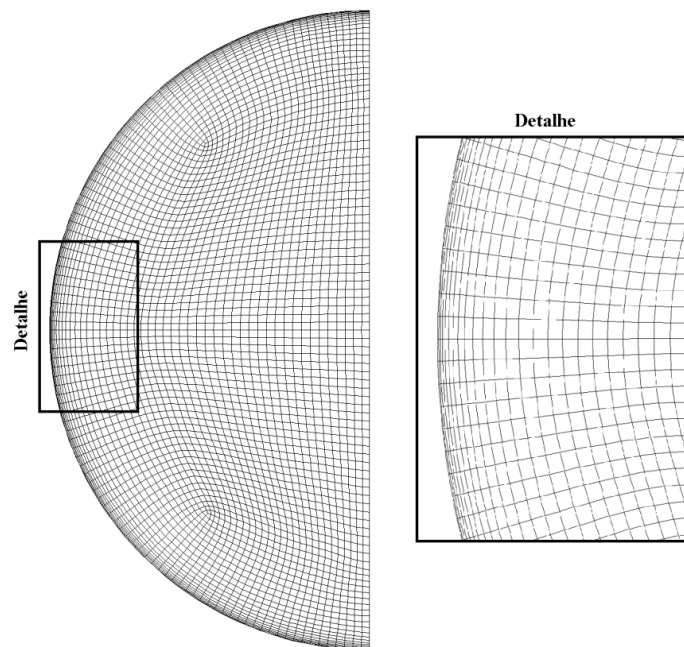


Figura 2 – Malha computacional.

Para o teste de independência temporal utilizou-se intervalos de tempo (dt) de: 0,01; 0,005 e 0,002 s, com máximo de 1000 iterações por intervalo de tempo. Foram observadas pequenas diferenças entre o maior dt e os demais. Para $dt = 0,005$ e 0,002 s são praticamente os mesmos. Portanto, utilizou-se $dt = 0,005$ s, também devido ao acréscimo de processamento desnecessário caso fosse utilizado $dt = 0,002$ s.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, são apresentados os resultados da validação numérica efetuadas com o modelo apresentado anteriormente, e os dados de fração líquida para cada diâmetro são analisados.

3.1 Validação numérica

A validação numérica foi realizada com resultados de Assis et al. (2009), utilizando PCM RT27, em esfera de 40 mm de diâmetro e com ΔT de 20K. A Figura 3(a-c) apresenta campos de fração líquida, para os tempos de 5, 10, 15, 20 e 25 min, deste trabalho, bem como resultados experimentais e numéricos de Assis et al. (2009), respectivamente.

Pode-se observar que a espessura da camada sólida de RT27, representada pela cor azul, aumenta com tempo, reduzindo o volume ocupado pelo líquido, representado pela cor vermelho. Pode-se observar também que, os resultados do

presente trabalho (Fig. 3(a)), apresentam boa concordância, tanto com os resultados experimentais (Fig. 3(b)) quanto com os resultados numéricos (Fig. 3(c)) de Assis et al. (2009).

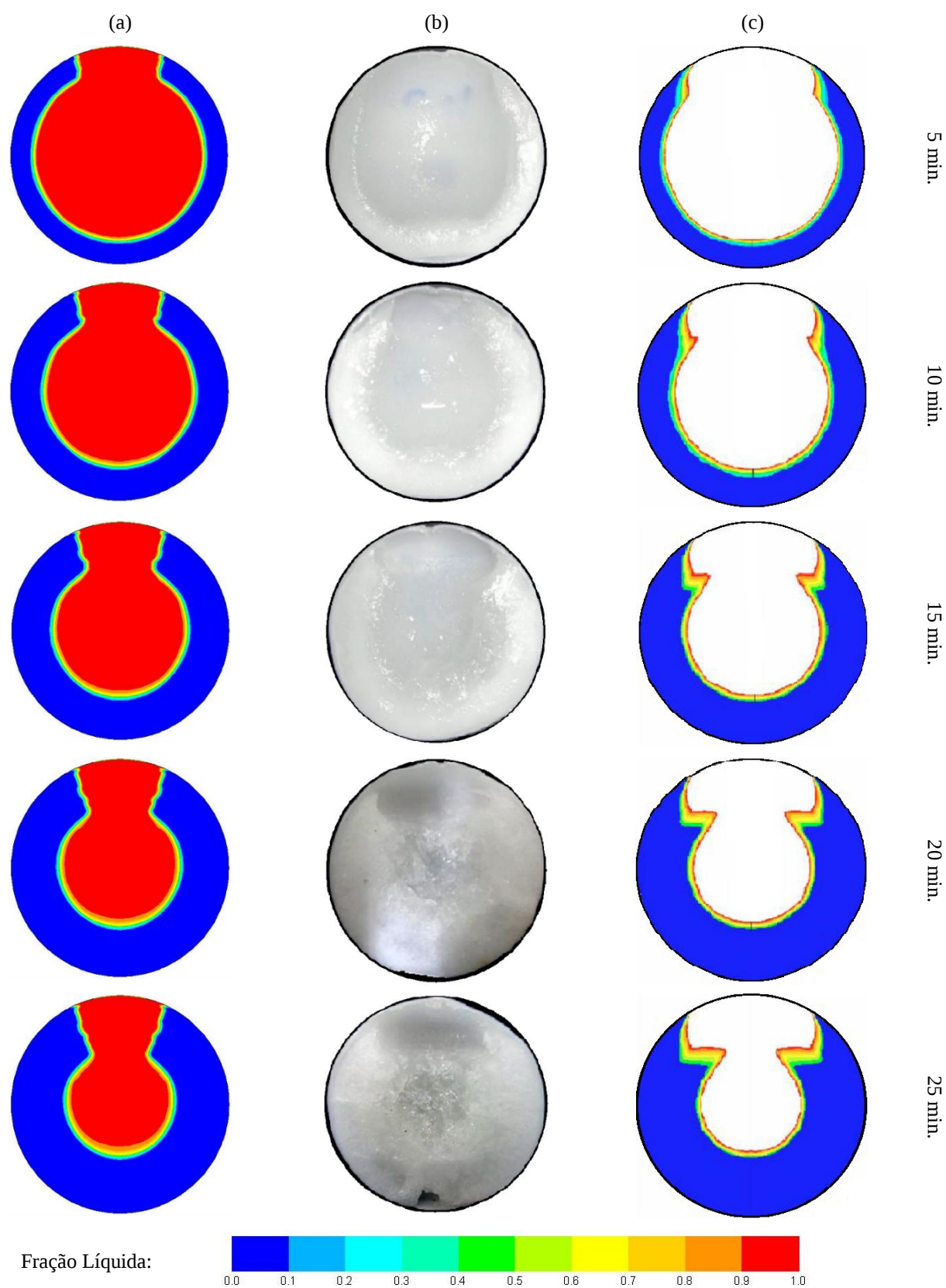


Figura 3 – Fração líquida de RT27 nos tempos de 5, 10, 15, 20 e 25 min, para: (a) presente trabalho, (b) experimental Assis et al (2009) e (c) numérico, Assis et al (2009).

3.2 Análise dos resultados

Com o modelo numérico validado, foram executadas as simulações de solidificação de eritritol com $D = 10, 20$ e 40 mm, sob $\Delta T = 10, 20$ e 30 K. Em sua aplicação prática, a variação de temperatura do sistema térmico ao qual o PCM é submetido influencia em sua eficiência e no tempo total de mudança de fase. Isto implica que o estudo do comportamento de solidificação ou fusão sob diferentes condições de temperatura é necessário.

Para diferentes instantes de tempo, as Fig. 4(a-c) apresentam campos de fração líquida do eritritol sob $\Delta T = 20$ K em esferas com $D = 10, 20$ e 40 mm, respectivamente. É importante salientar que o intervalo de tempo para os diferentes diâmetros é diferente. Apesar disso, comparando-se resultados verticalmente dispostos, observa-se que os mesmos são qualitativamente muito semelhantes. Observa-se também que, resultados campos de fração líquida, horizontalmente dispostos, evoluem de forma semelhante para os diferentes diâmetros. A escala de cores utilizada nesta figura é a mesma da Fig. 3.

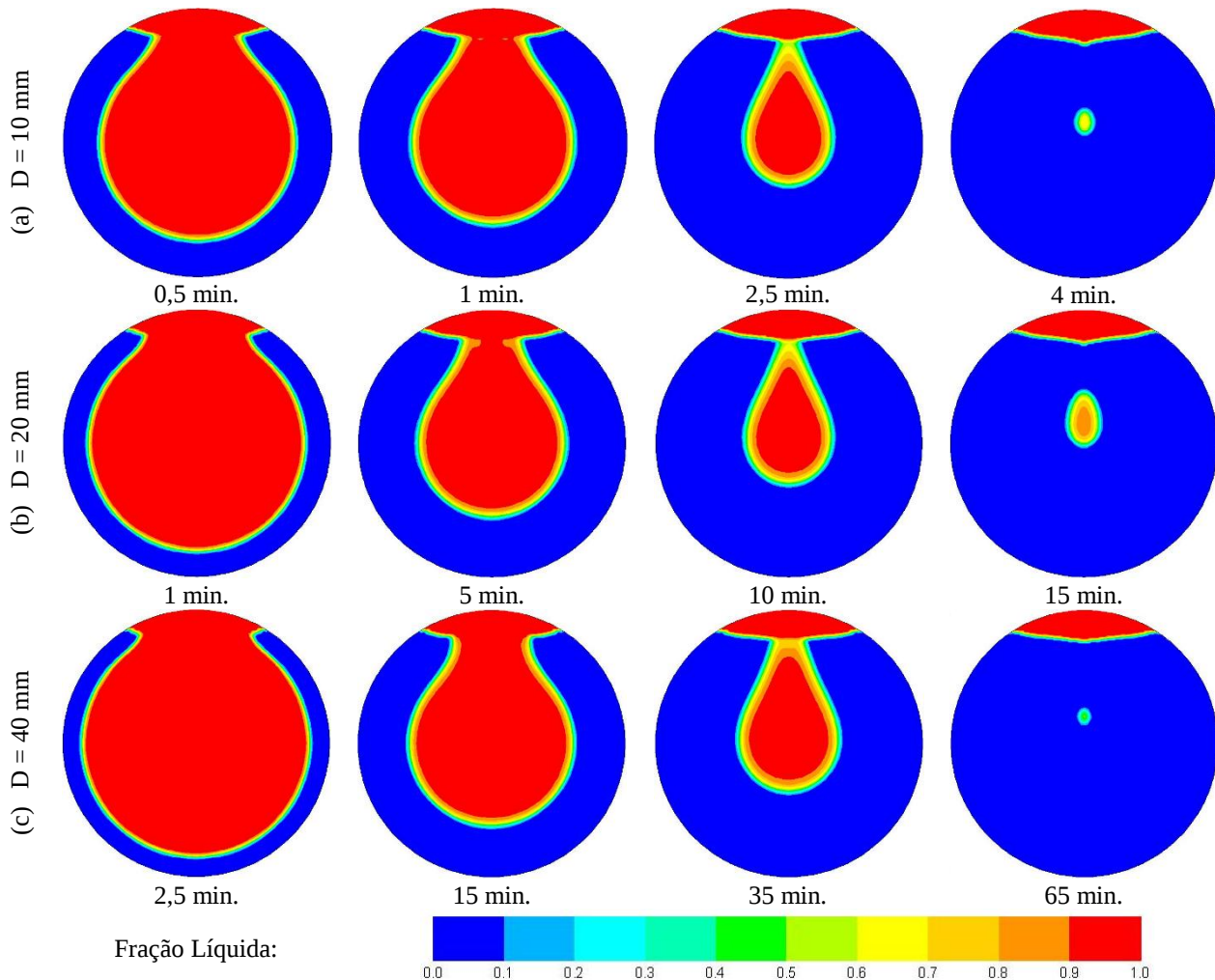


Figura 4 – Fração líquida de eritritol ao longo do processo de solidificação com $\Delta T = 20$ K, para (a) $D = 10$ mm, (b) $D = 20$ mm e (c) $D = 40$ mm.

As Figuras 5(a-c) apresentam resultados quantitativos da fração líquida em função do tempo para $\Delta T = 10, 20$ e 30 K, com: (a) $D = 10$ mm, (b) $D = 20$ mm e (c) $D = 40$ mm, respectivamente. Estes resultados foram obtidos dividindo-se a massa de material na fase líquida de cada instante pela massa total de PCM.

Comparando-se os diferentes resultados, pode-se observar que, para determinado D , quanto maior o ΔT , menor é o tempo necessário para atingir a solidificação completa. Por outro lado, observa-se que, para uma mesmo ΔT , quanto maior D , maior é o tempo necessário para a solidificação. Além disso, observa-se que, em todas as situações, as curvas seguem um perfil semelhante, variando proporcionalmente com a alteração de ΔT para todos os diâmetros.

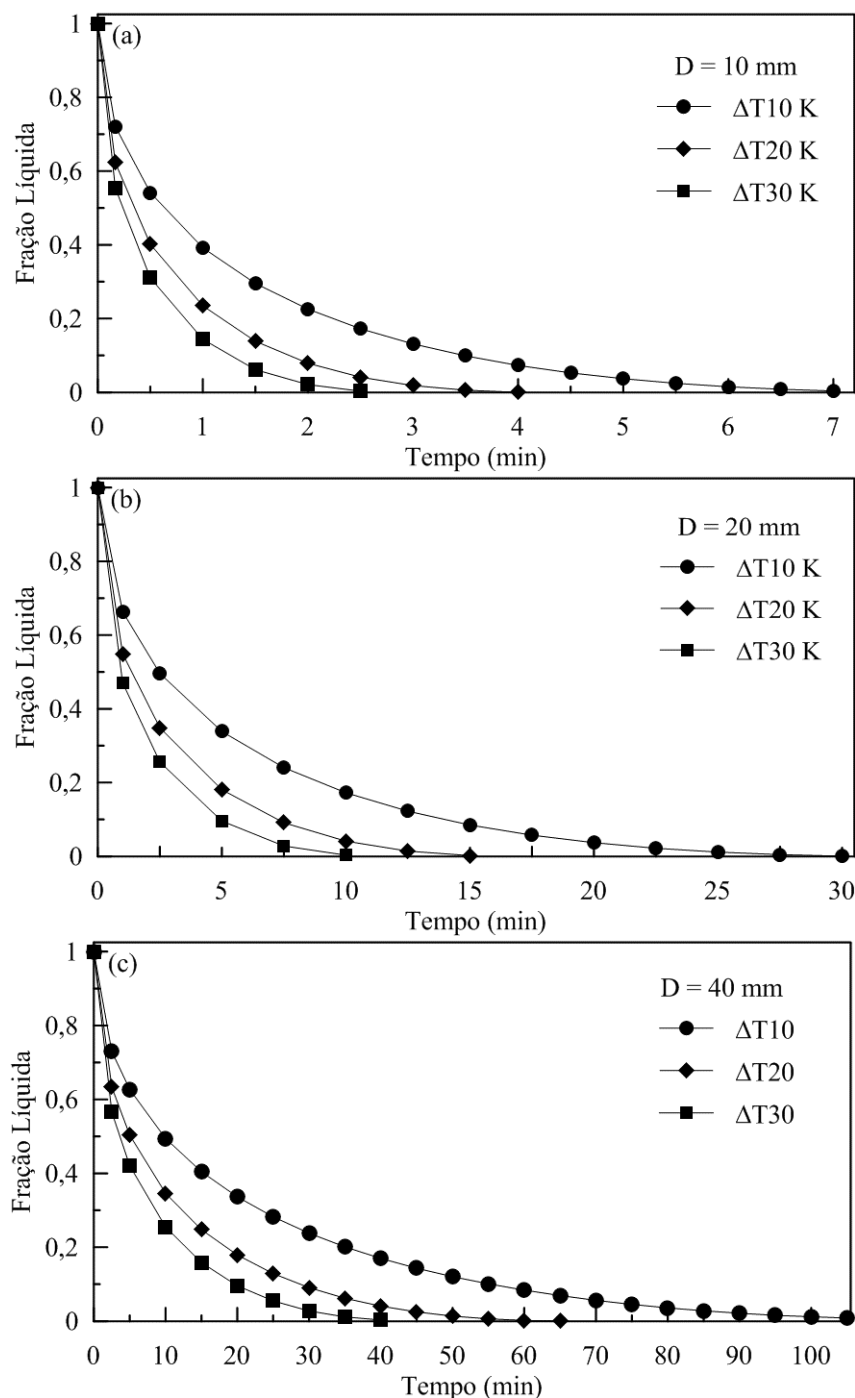


Figura 5 – Fração líquida vs. tempo para ΔT de 10, 20 e 30 K para (a) $D = 10$ mm, (b) $D = 20$ mm e (c) $D = 40$ mm.

Nos resultados das frações líquidas originadas nos processos de solidificação, da Figura 5 (a-c), é possível observar também que, nos instantes iniciais, a variação da fração líquida é maior que nos instantes finais, o que indica uma redução do fluxo de calor conforme a diminui da fração líquida do PCM. Uma das justificativas possíveis para ocorrência deste efeito é o aumento da camada sólida junto à parede da esfera, o que provoca um aumento da resistência térmica, reduzindo assim a troca de calor do material na fase líquida com o meio externo.

Outra análise que requer ênfase em estudos de PCM's é o tempo total de solidificação, sendo este considerado como o necessário para que a fração líquida de PCM atingisse valores menores que 0,01. A partir desta análise é possível determinar o tempo necessário para extrair toda a energia armazenada na forma de calor latente do material contido nas esferas, uma vez que este tempo é um parâmetro importante utilizado na elaboração de projetos de sistemas de armazenamento térmico.

O efeito da temperatura da parede da esfera sobre o tempo total de solidificação é mostrado na Fig. 6, sendo possível observar que o tempo de solidificação é inversamente proporcional ao valor de ΔT , aumentando consideravelmente a duração do processo para temperaturas mais próximas à de solidificação do material. No caso do diâmetro de 40 mm, este

efeito torna-se mais pronunciado. Porém a variação do tempo com a temperatura se mantém proporcional para os diâmetros menores.

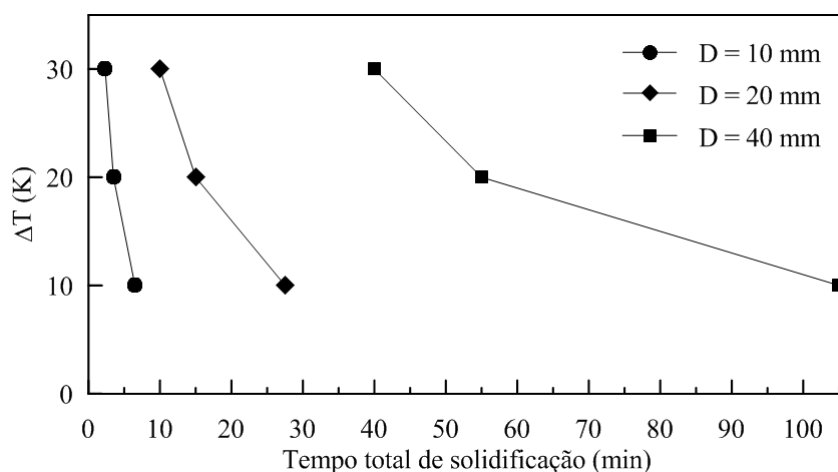


Figura 6 – ΔT vs. tempo total de solidificação para $D = 10, 20$ e 40 mm.

A influência da variação do diâmetro da esfera no tempo total de solidificação é mostrada na Fig. 7, onde é observado que o tempo total de solidificação aumenta proporcionalmente com o diâmetro da esfera. As curvas que representam as diferentes condições de temperatura apresentam perfis semelhantes, indicando um possível padrão dentro da faixa de diâmetros analisada.

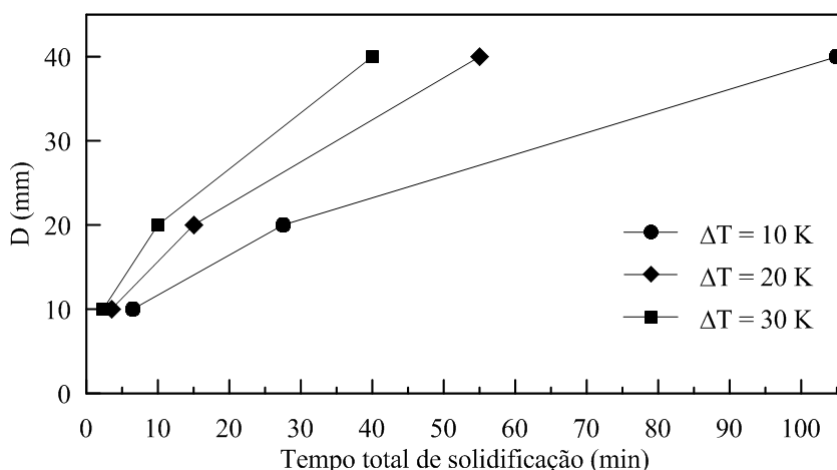


Figura 7 –Diâmetro da esfera vs. tempo total de solidificação para $\Delta T = 10, 20$ e 30 K.

4 CONCLUSÃO

Visando a necessidade de estudo e desenvolvimento de componentes para sistemas térmicos e energéticos, afim de suprir a demanda por recursos energéticos renováveis, o objetivo do presente trabalho consistiu em apresentar um modelo matemático e numérico capaz de reproduzir a solidificação do eritritol em esferas de 10, 20 e 40 mm, sob diferenças de temperatura de 10, 20 e 30 K entre a parede da esfera e a temperatura de fusão do material. A aplicabilidade de PCM's se estende às diversas áreas que necessitam de armazenamento de energia térmica, utilizado normalmente em sistemas de aquecimento por energia solar, processos industriais, conservação de alimentos e climatização de ambientes.

O modelo computacional implementado apresenta resultados condizentes com estudos experimentais realizados por Assis et al. (2009) em PCM RT27, desta forma validando-o, e sendo assim adequado ao estudo da solidificação de outros materiais submetidos ao mesmo processo e com a mesma geometria. O problema foi considerado bidimensional, resolvendo através de CFD as equações de conservação de massa, quantidade de movimento, energia e fração volumétrica com o emprego do software ANSYS Fluent 16.1.

A variação da fração líquida ao longo do tempo demonstra o processo de solidificação do eritritol, quando submetido a diferentes temperaturas na parede da esfera para os diâmetros estudados. Com os resultados apresentados foi possível verificar que a variação de temperatura externa influencia no processo de solidificação, sendo esta uma importante variável a ser observada em sua aplicação. Foi possível deduzir também que há uma redução do fluxo de calor conforme diminui a fração líquida, devido ao aumento da espessura da parte sólida de eritritol junto da parede da esfera. Para os diferentes casos, os resultados campos de fração evoluem de forma semelhante ao longo do tempo.

O tempo total de solidificação do PCM é um parâmetro de projeto importante para que seja escolhida a geometria adequada ao tempo necessário de fornecimento de calor, em sistema de armazenamento térmico. Na análise da influência da variação de temperatura na parede e do diâmetro pelo tempo de solidificação, foi possível verificar que há a tendência de o comportamento de solidificação seguir padrões proporcionais aos mesmos, embora seja necessário estudo mais detalhado destas variáveis, sendo esta, uma interessante abordagem para trabalhos futuros.

Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPERGS – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul e a UNISINOS, pelo apoio financeiro para produção desta pesquisa.

5 REFERÊNCIAS

- Agyenim, F., P. Eames e M. Smyth. 2010. Heat transfer enhancement in medium temperature thermal energy storage system using a multitube heat transfer array. *Renewable Energy* 35:198-207.
- ANSYS. 2015. Fluent Theory Guide. Ansys Inc.
- Assis, E., L. Katsman, G. Ziskind, R. Letan. 2007. Numerical and experimental study of melting in a spherical shell. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 50:1790-1804.
- Assis, E., G. Ziskind e R. Letan. 2009. Numerical and experimental study of solidification in a spherical shell. *Journal of Heat Transfer* 131.
- Borahel, R.S., R.C. Oliveski e F. Faistauer. 2015. Erythritol solidification in a sphere: A numerical study. In: 23rd ABCM International Congress of Mechanical Engineering – COBEM 2015, Rio de Janeiro.
- Brent, A.D. e V.R. Voller. 1988. "Enthalpy-porosity technique for modeling convection-diffusion phase change: Application to the melting of a pure metal". *Numerical Heat Transfer* 13:297-318.
- Dubovsky, V., E. Assis, E. Kochavi, G. Ziskind e R. Letan. 2008. Study of Solidification in vertical cylindrical shells. In: 5th European Thermal-Sciences Conference, Holanda.
- Gil, A., M. Medrano, I. Martorell, A. Lázaro, P. Dolado, B. Zalba e L.F. Cabeza. 2010. State of the art on high temperature thermal energy storage for power generation. Part 1 — Concepts, materials and modellization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14:31-55.
- Hale, D.V., M.J. Hoover e M.J. O'Neill. 1971. Phase Change Materials Handbook. NASA, George C. Marshall Space Flight Center, Alabama.
- Hesarak, A. 2011. CFD Modeling of Heat Charging Process in a Direct-contact Container for Mobilized Thermal Energy Storage. Disponível em <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:430712/FULLTEXT02>.
- Nomura, T., N. Okinaka e T. Akiyama. 2010. Technology of Latent Heat Storage for High Temperature Application: A Review. *ISIJ International* 50(9):1229-1239.
- Sharma, A., V.V. Tyagi, C.R. Chen e D.Buddhi. 2009. Review on thermal energy storage with phase change: materials and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13:318-345.
- Sillick M. e C.M. Gregson. 2012. Spray chill encapsulation of flavors within anhydrous erythritol crystals. *LWT – Food Science and Technology* 48:107-113

Abstract. *The growing demand for renewable energy resources drives the development of components for thermal and energy systems. In this scenario, being erythritol a high capacity thermal energy storage material, the analysis of its behavior at various temperatures is of great value. Starting from this premise, the aim of this paper is to present a mathematical and numerical model capable of reproducing the solidification of erythritol in spheres with 10, 20 and 40 mm diameter, at wall temperatures 10, 20 and 30 K below the melting point of the material. To achieve this goal, was used the software Fluent 16.1, considering the structure two-dimensional and solving the equations of mass, momentum, energy conservation and volume fraction. The model provides a good agreement with experimental study in the literature, thus validating it, and being suitable for analysis of solidification of other PCM's in spheres with different dimensions and subjected to other temperatures. With the results, we conclude that the change in the wall temperature is the predominant factor in the PCM solidification time, and this temperature determines its efficiency, becoming this the main factor observed in its use in thermal systems.*

Key words: CFD, Phase-change materials (PCM), Solidification, Erythritol.