

## 4 Conclusões

O super-resfriamento é um fenômeno que pode ou não se apresentar no processo de resfriamento da água em cápsulas cilíndricas. Foram realizados estudos para estabelecer os diferentes parâmetros que influenciam o fenômeno. Como principais conclusões, destacam-se:

### ESTUDO ESTATÍSTICO DO SUPER-RESFRIAMENTO E NUCLEAÇÃO

1. Realizou-se uma classificação dos diferentes tipos de super-resfriamento segundo, as experiências monitoradas;
2. O super-resfriamento pode ou não permanecer, dependendo de parâmetros como a temperatura do fluido de transferência (FT) e material da cápsula (condutividade térmica e rugosidade da parede interna);
3. Quando o fenômeno de super-resfriamento aparece e permanece no processo de resfriamento da água em cápsulas cilíndricas, impede a mudança de fase do MMF;
4. Para os testes realizados, as cápsulas de Alumínio e Acrílico apresentaram 100% de probabilidade de super-resfriamento. Para as cápsulas de bronze e PVC, com baixa temperatura do FT, observou-se menor probabilidade de super-resfriamento;
5. Existe uma influência do material (condutividade térmica e rugosidade) na probabilidade de nucleação. Menor temperatura do FT implica em maior probabilidade de nucleação para todas as cápsulas;
6. A taxa de resfriamento aumenta em função da condutividade térmica da cápsula.

### ESTUDO DA TAXA DE RESFRIAMENTO

7. A taxa de resfriamento (TR) é um parâmetro que depende do material da cápsula, da temperatura do FT e varia com a posição angular da temperatura da parede interna onde é medida.
8. O menor espalhamento nos valores da TR foi observado na parte inferior da parede interna da cápsula.
9. Para menores temperaturas do FT obtêm-se, maiores valores para a TR.

### ESTUDO DA RUGOSIDADE DA PAREDE INTERNA

10. Para um mesmo material, quanto menor a rugosidade da parede interna da cápsula, maior a probabilidade de super-resfriamento do MMF.
11. Para um mesmo material, quanto maior a rugosidade da parede interna, maior a probabilidade de nucleação.

### VISUALIZAÇÃO DO PROCESSO DE NUCLEAÇÃO E FORMAÇÃO DE GELO DENDRÍTICO

12. A temperaturas do FT menores, não teve formação de gelo dendrítico no processo de nucleação. Isto determinou uma frente de solidificação definido, com mudança de fase se realizando a temperatura  $T_m$ .
13. Não ocorre a formação de gelo dendrítico sem o fenômeno de super-resfriamento.
14. Segundo a distribuição de temperaturas dentro da cápsula antes da nucleação, pode ocorrer um “bloqueio” parcial ou total devido à formação de gelo dendrítico.
15. O bloqueio parcial acontece quando, antes de acontecer à nucleação, alguma parte do MMF se encontra acima de  $T_m$ . O percentual do bloqueio depende do valor da temperatura do FT.

16. Durante o processo da mudança de fase, após o bloqueio parcial, o gelo dendrítico formado desaparece, e a frente de solidificação é bem definida.
17. Durante o processo da mudança de fase após um bloqueio total, o gelo dendrítico formado continua crescendo até finalizar a solidificação do MMF. O crescimento da frente de solidificação é dendrítico, tendendo o bloqueio a ser total, até atingir o estado de líquido super-resfriado metaestável, onde não acontece a nucleação.
18. O tempo de bloqueio é maior para temperaturas do FT maiores.
19. Para diferentes materiais da cápsula e diferentes temperaturas do FT, existem três zonas definidas. Uma onde acontece à nucleação sem a presença de líquido super resfriado (altas temperaturas do FT), outra região onde se apresenta líquido super-resfriado (com diferentes tipos de bloqueio por aparição de gelo dendrítico), e a ultima região onde não acontece à nucleação e o MMF permanece em estado líquido metaestável.