

8

Apêndice

8.1.

Propriedades termofísicas de soluções aquosas

São adicionados gráficos com as propriedades de soluções aquosas de propileno glicol, etileno glicol e etanol. As propriedades consideradas são:

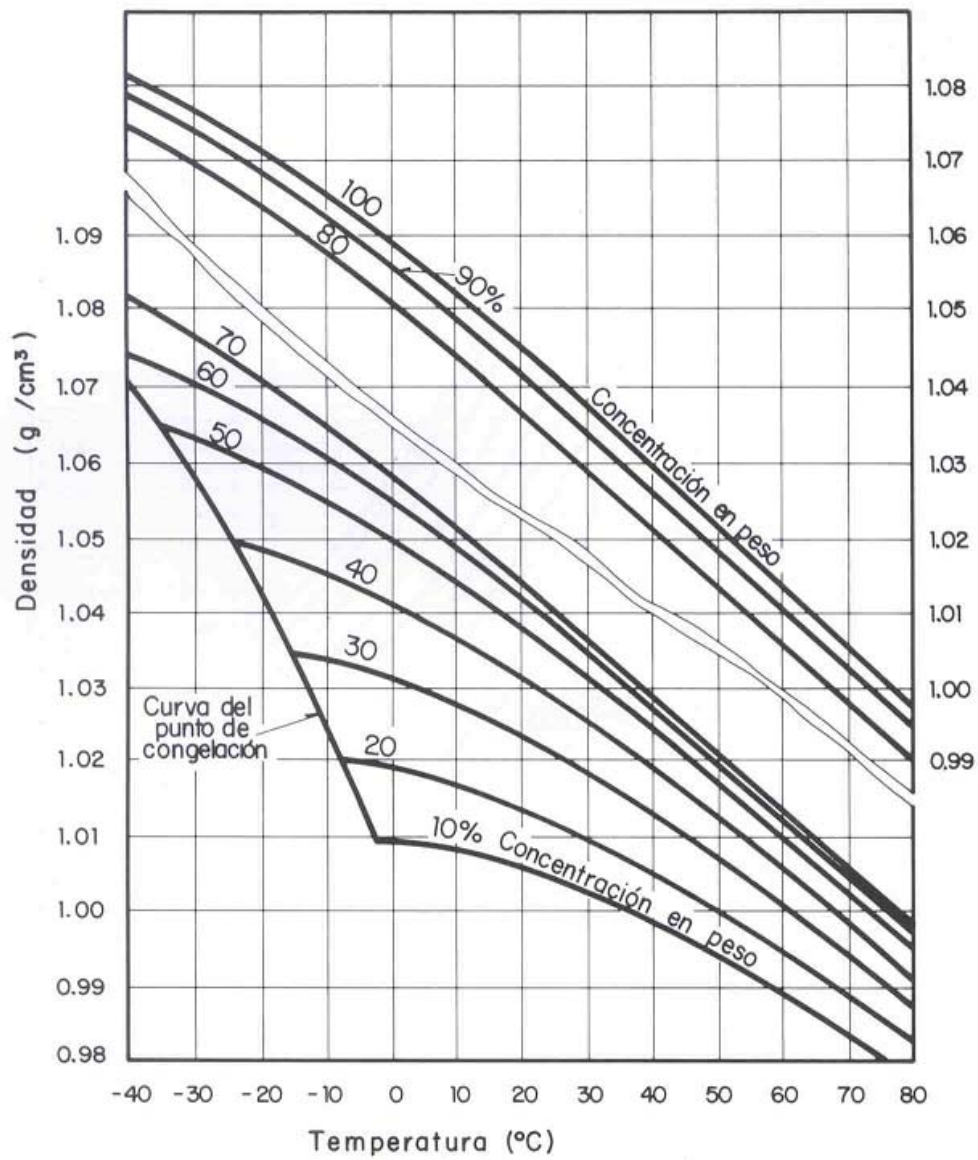
- a) Massa específica
- b) Calor específico
- c) Condutividade térmica
- d) Viscosidade cinemática

No final são consideradas propriedades termofísicas de pasta de gelo de soluções aquosas de etanol, pode-se ver a variação destas propriedades com a fração de gelo.

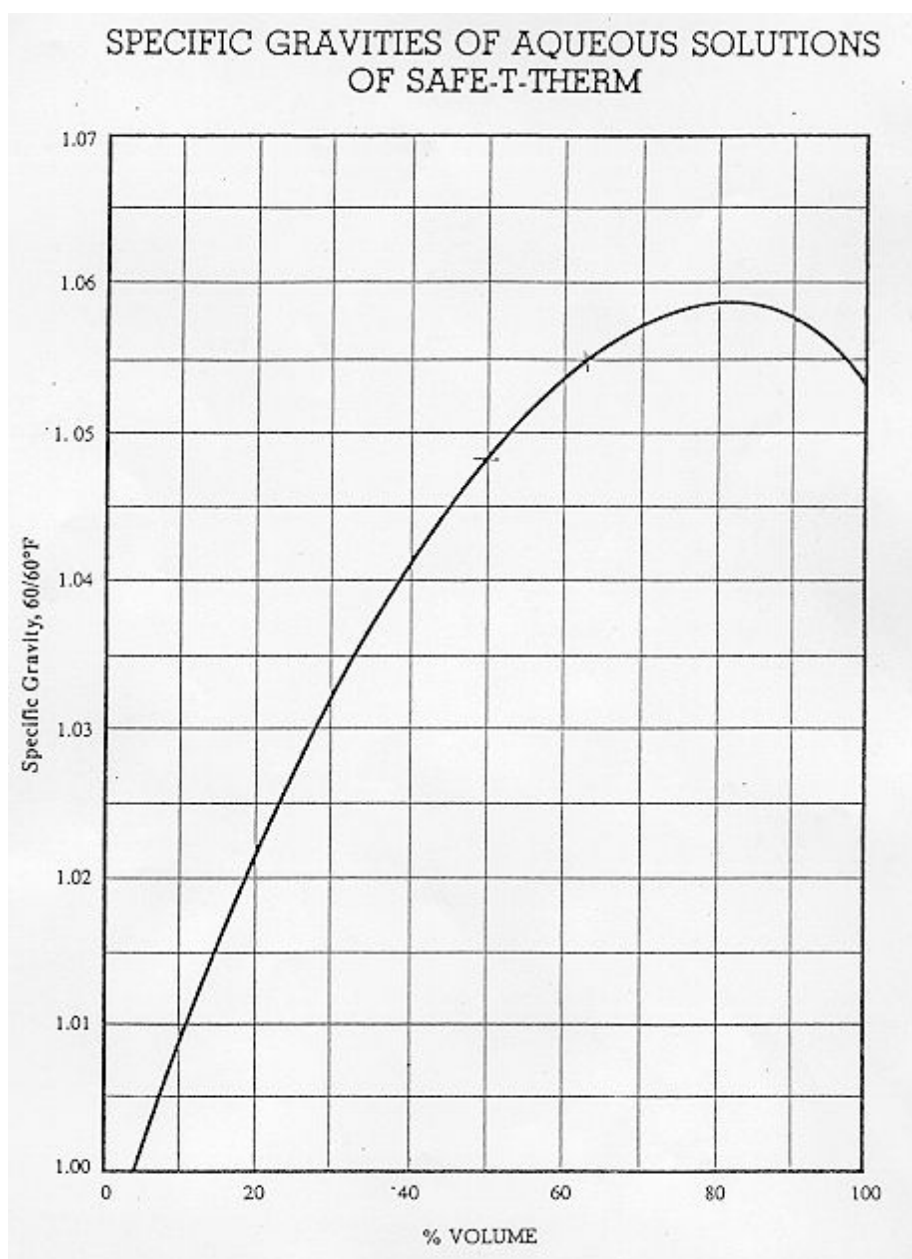
8.1.1.

Propileno Glicol

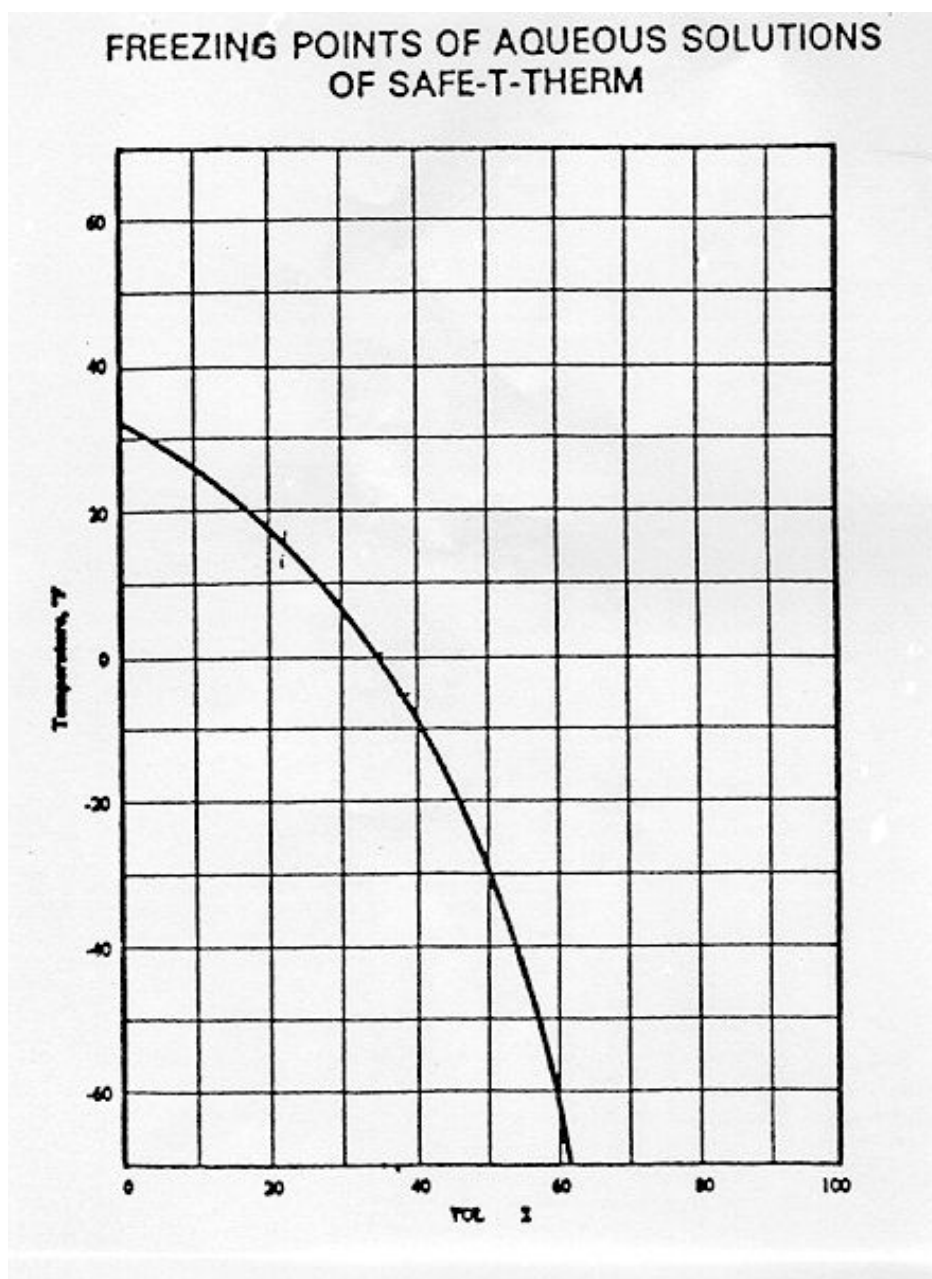
Comumente empregado como anti-congelante, propileno glicol é incolor e é completamente miscível com água, este fluido tem baixo grau de toxicidade, uma vantagem de este fluido é sua baixa volatilidade, conveniente quando se tem sistemas abertos a atmosfera.



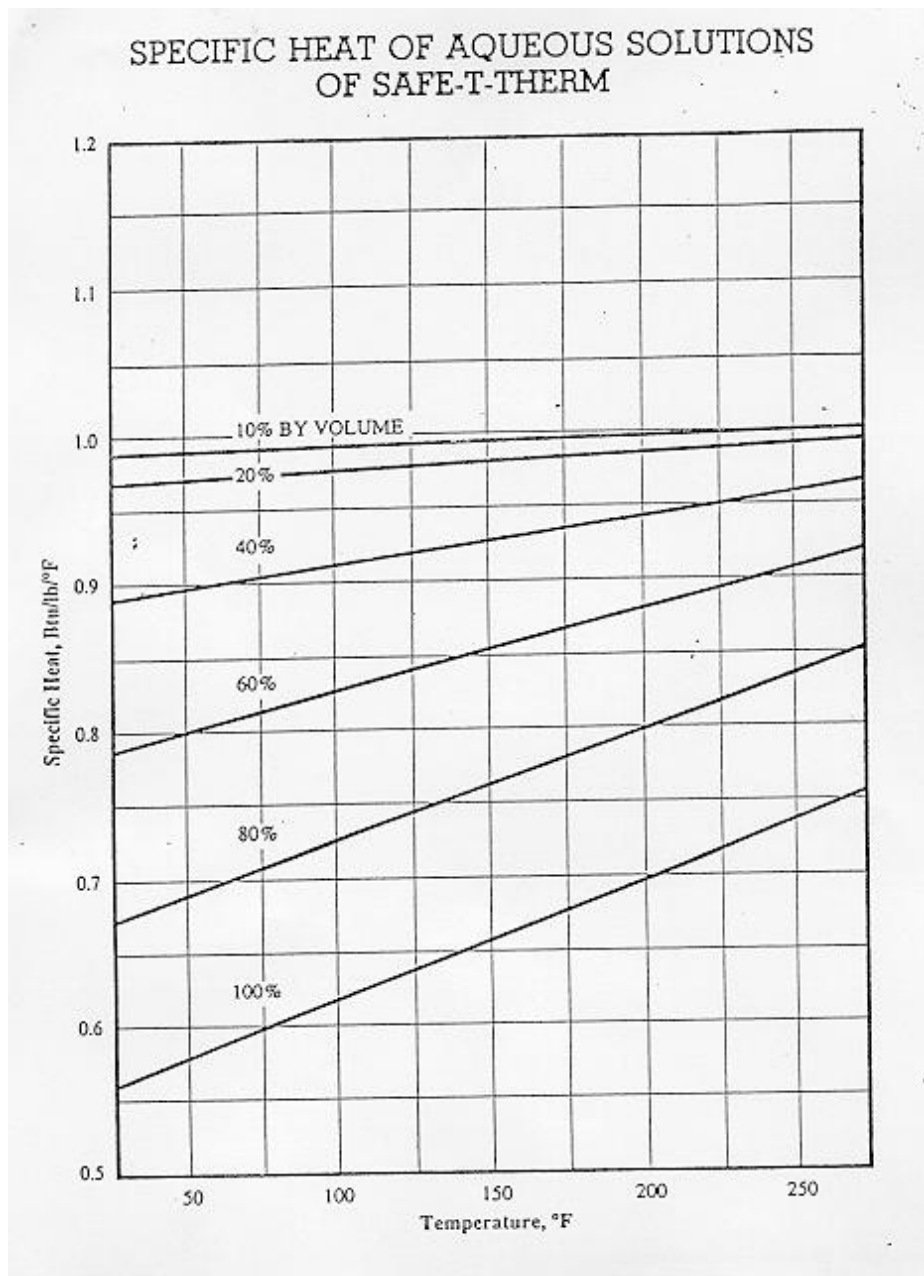
Variação da massa específica de uma solução aquosa de propileno glicol com a temperatura e a concentração em peso do aditivo



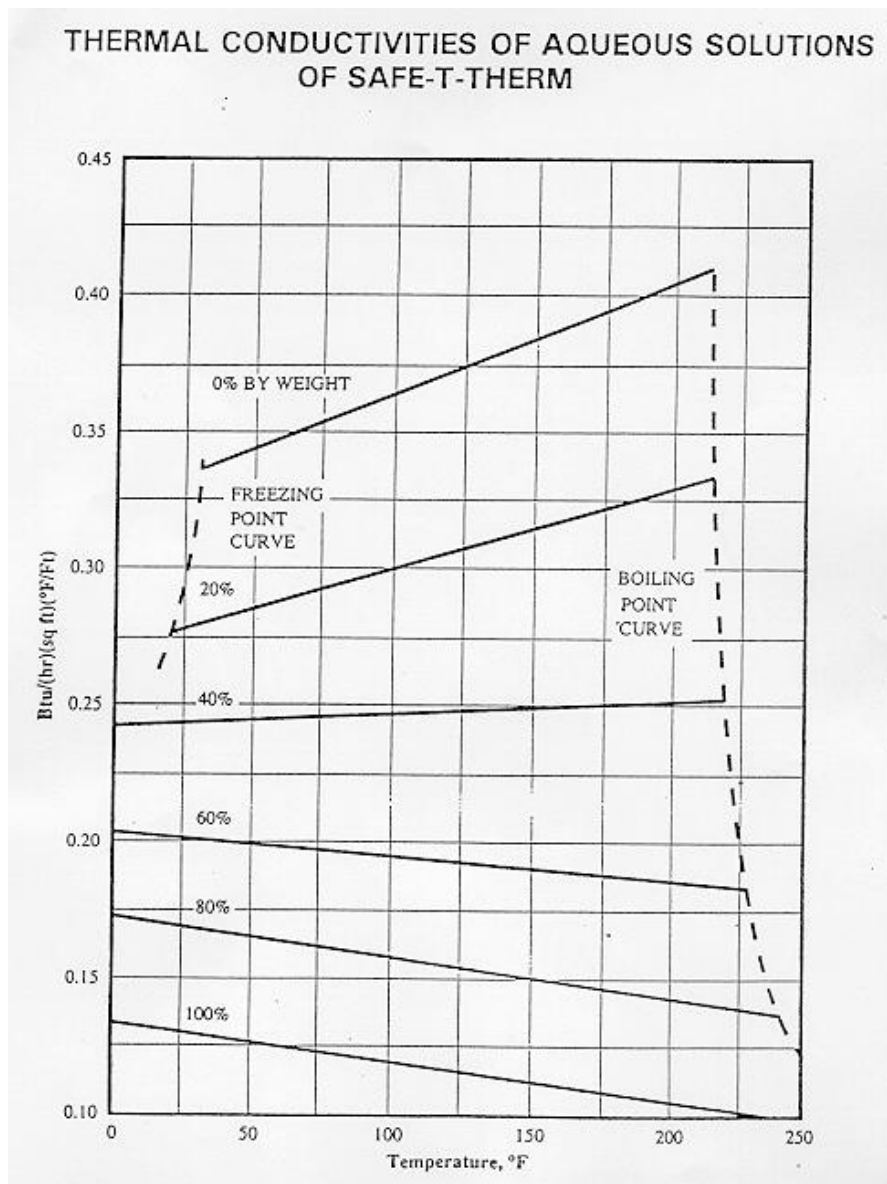
Variação da massa específica de uma solução aquosa de propileno glicol com a concentração em volume a 15,5 °C/60 °F



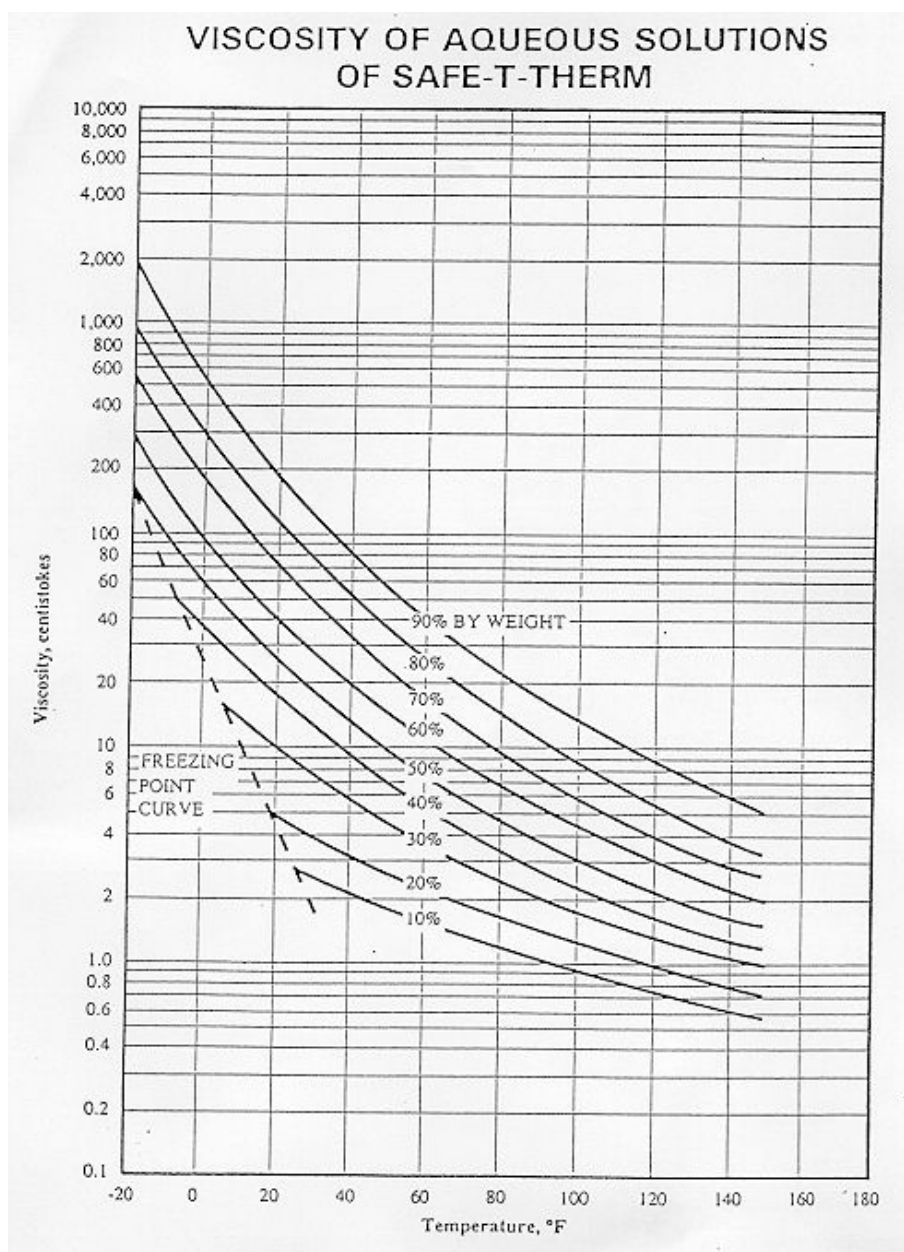
Variação do ponto de solidificação de uma solução aquosa de propileno glicol com a concentração em volume



Variação do calor específico de uma solução aquosa de propileno glicol com a temperatura e concentração do aditivo em volume



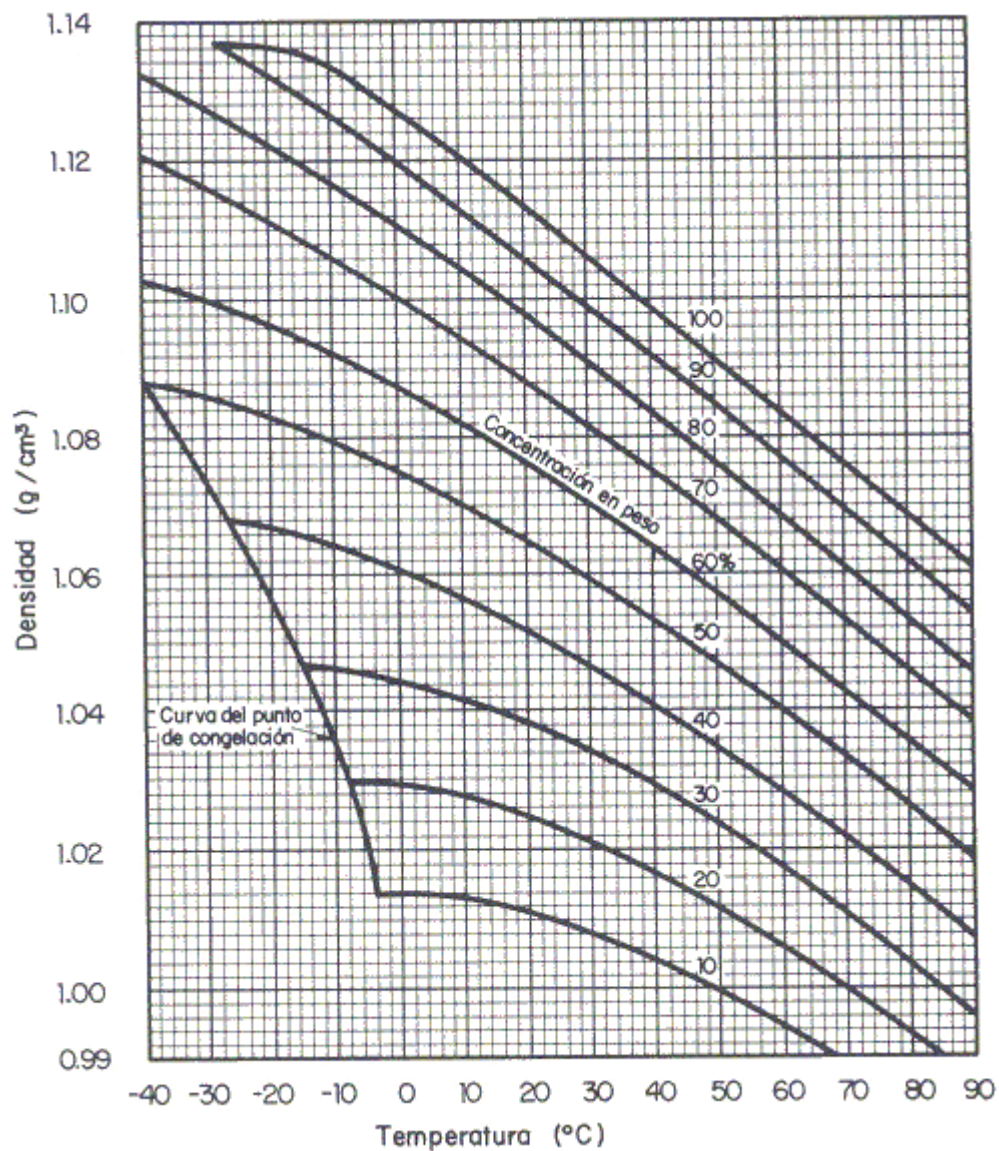
Variação da condutividade térmica de uma solução aquosa de propileno glicol com a temperatura e a concentração do aditivo por peso



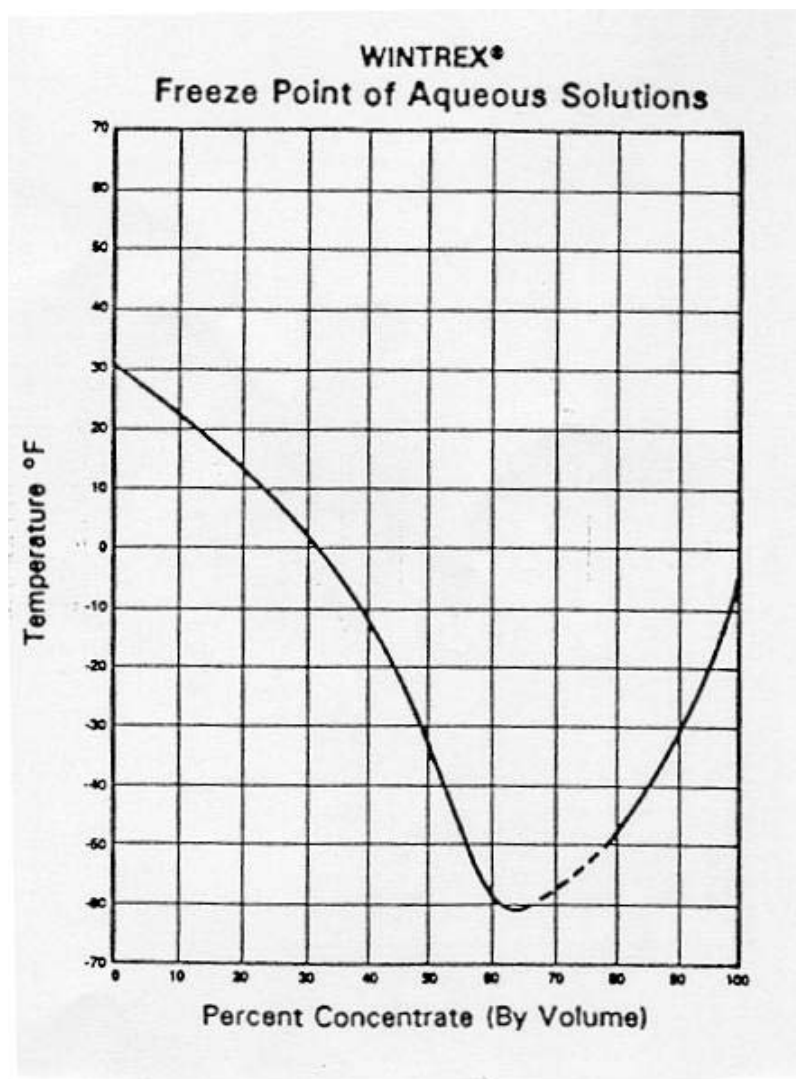
Variação da viscosidade cinemática de uma solução aquosa de propileno glicol com a concentração em volume

8.1.2. Etileno Glicol

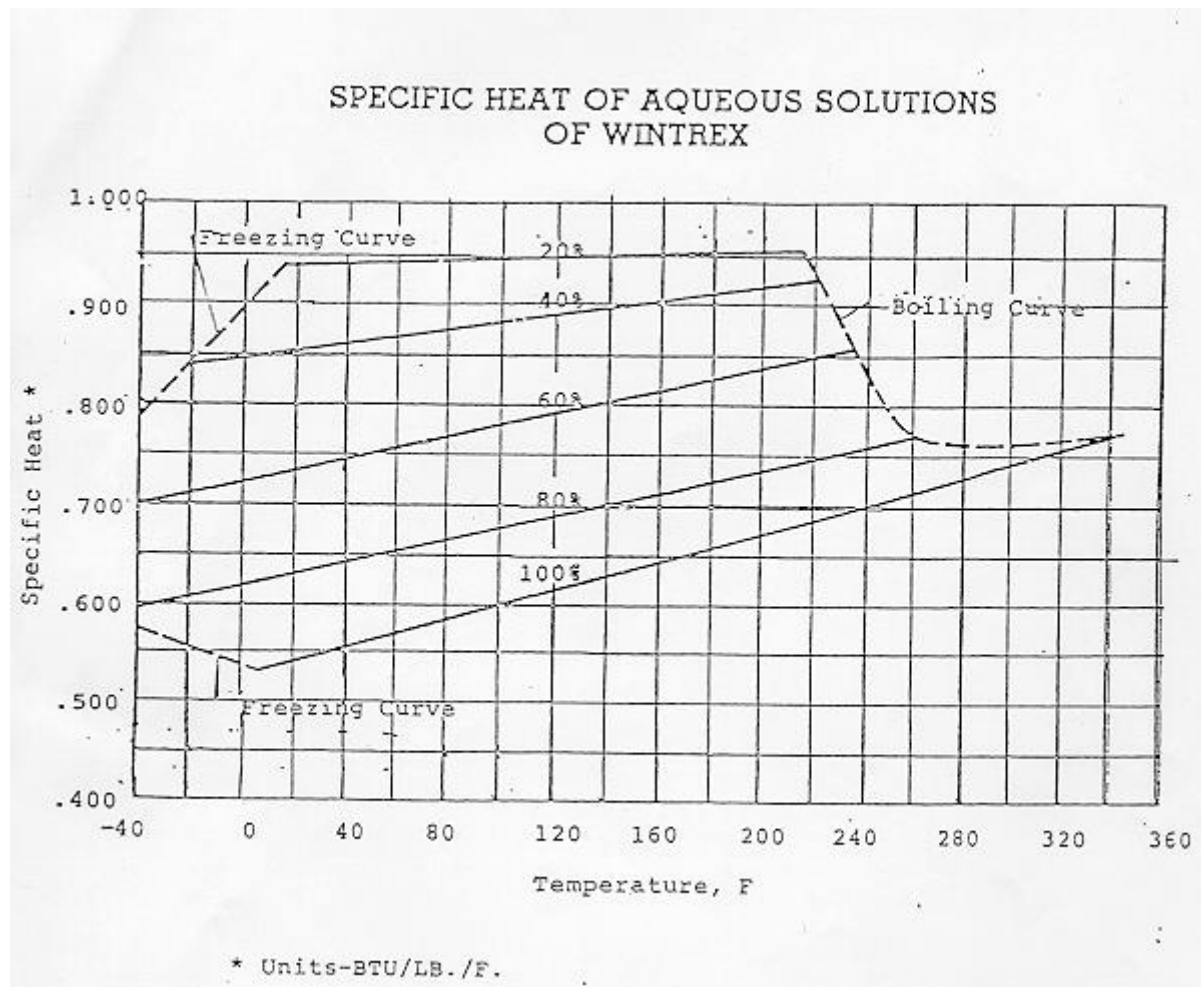
Comumente empregado como anti-congelante, etileno glicol é incolor e é completamente miscível com água, o grau de toxicidade de este fluido é alto.



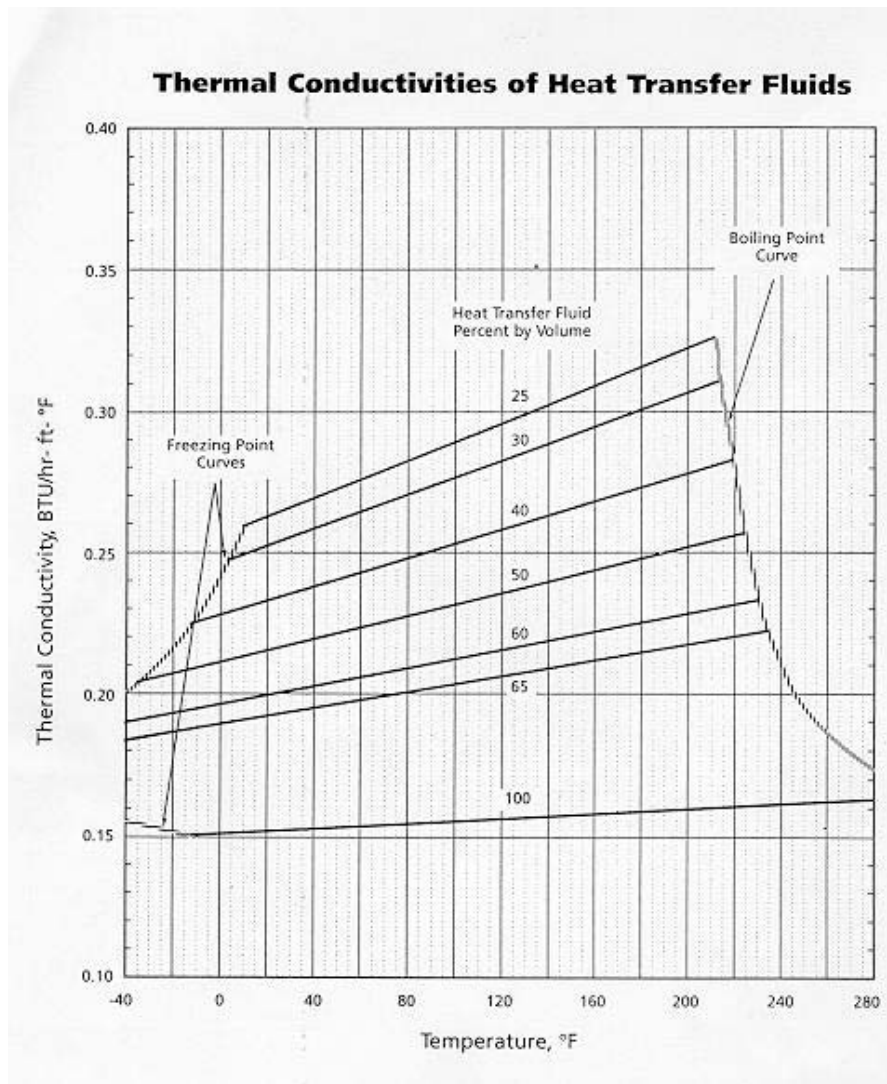
Variação da massa específica de uma solução aquosa de etileno glicol com a temperatura e a concentração em peso do aditivo



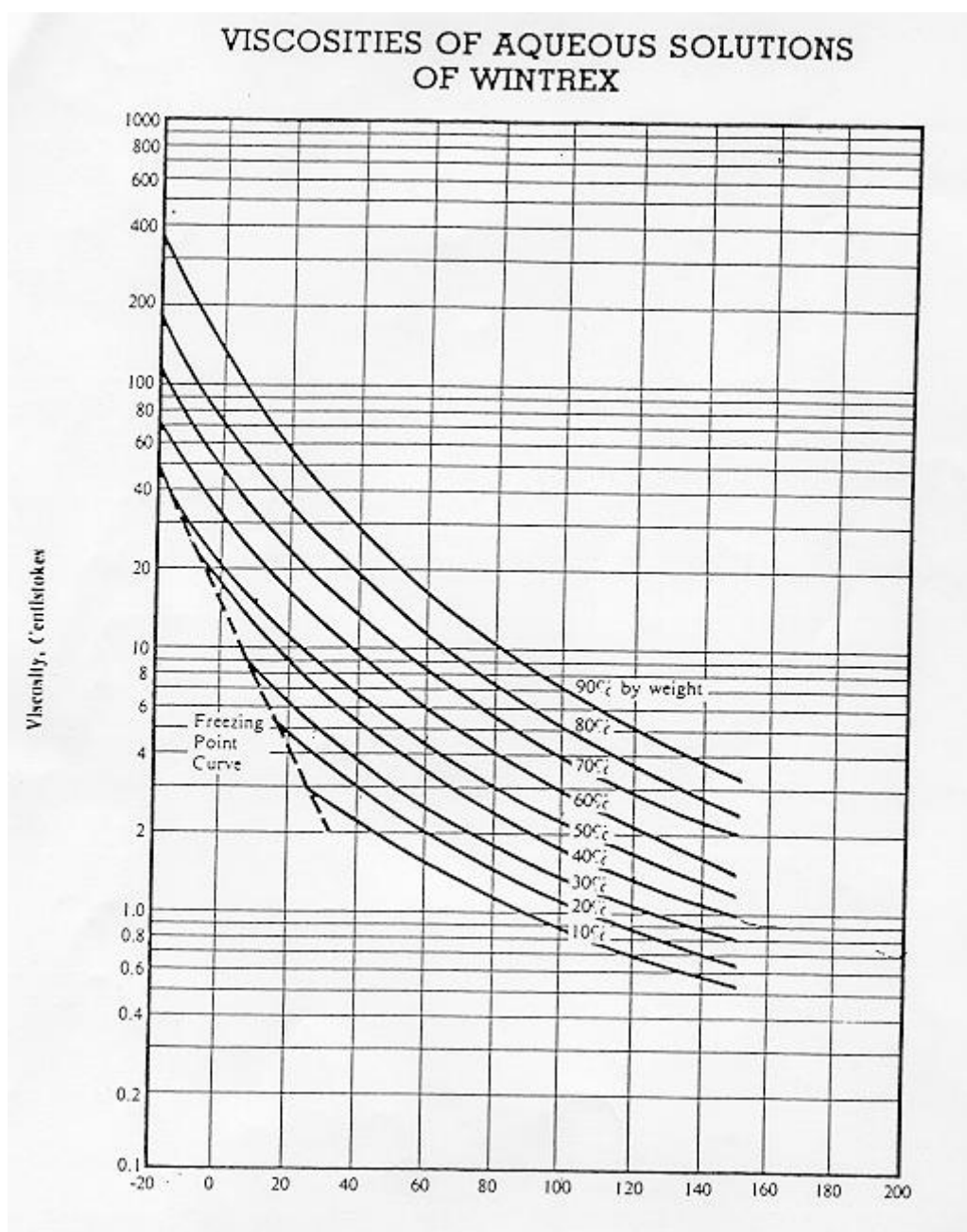
Varição do ponto de solidificação de solução aquosa de etileno glicol por concentração de etileno por volume



Variação do calor específico de uma solução aquosa de etileno glicol com a temperatura e concentração do aditivo em volume.



Variação da condutividade térmica de uma solução aquosa de etileno glicol com a temperatura e a concentração do aditivo por peso.



Variação da viscosidade cinemática de uma solução aquosa de propileno glicol com a concentração em volume.

8.1.3. Etanol

Comumente empregado como anti-congelante, etileno glicol é incoloro e é completamente miscível com água.

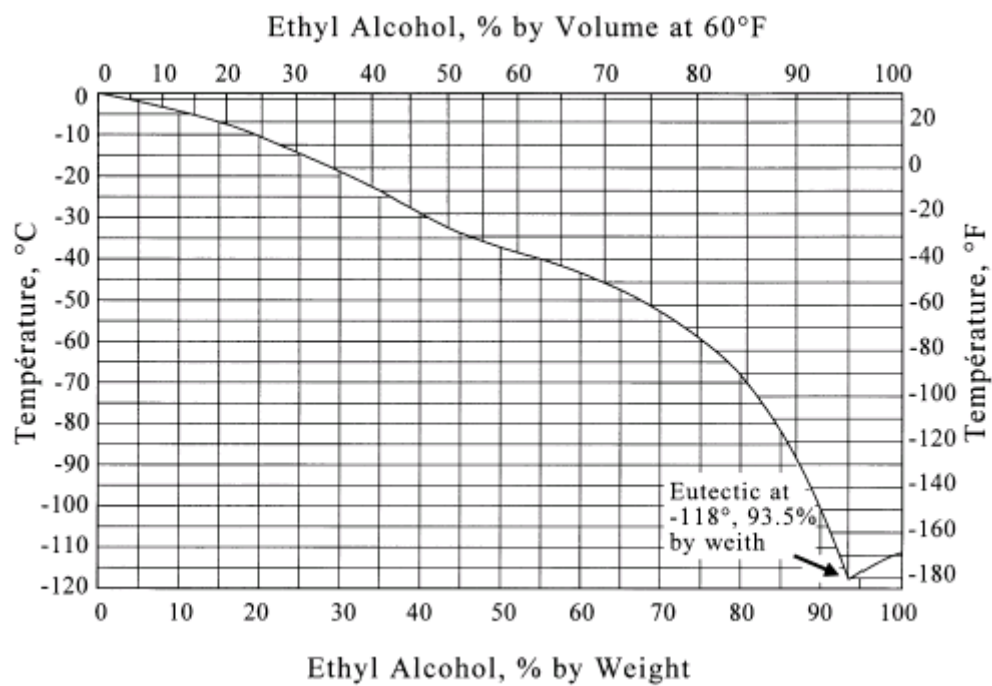
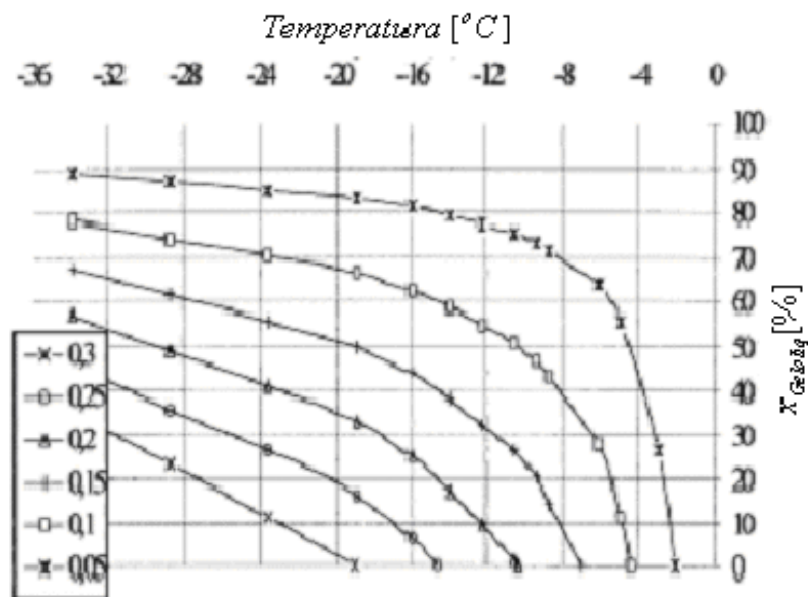


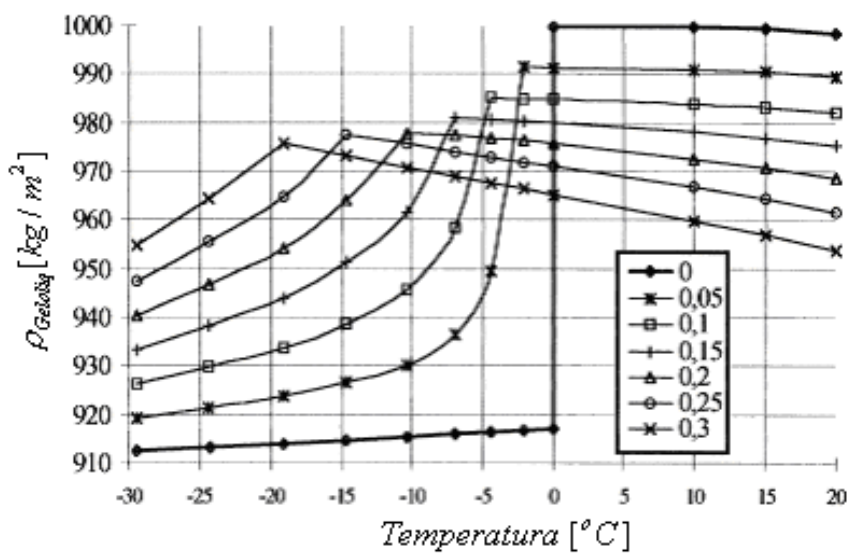
Diagrama de fases para uma solução aquosa de etanol

8.1.4.

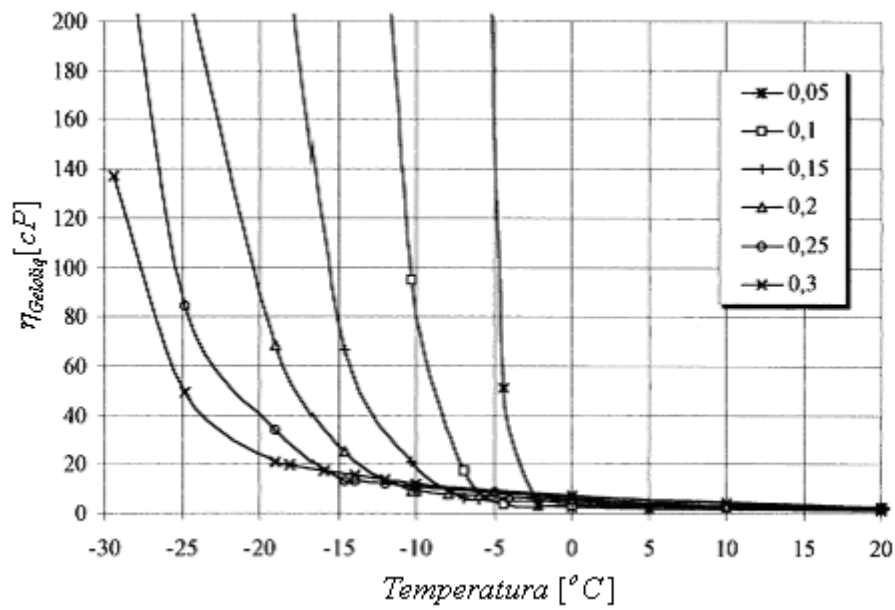
Propriedades de pasta de gelo com soluções aquosas de Etanol



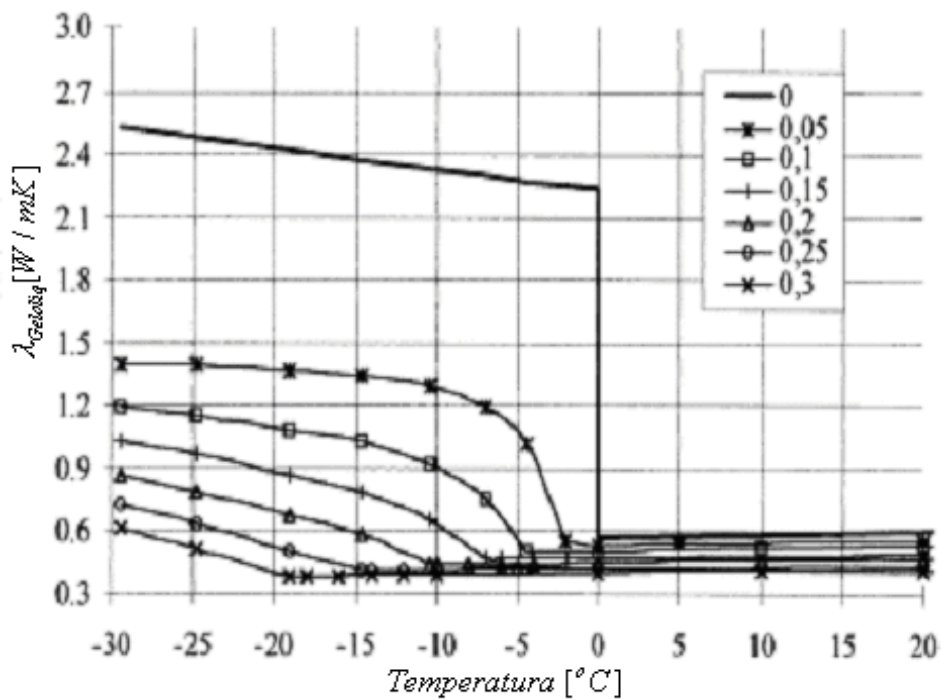
Concentração da pasta de gelo por temperatura para varias concentrações iniciais de etanol.



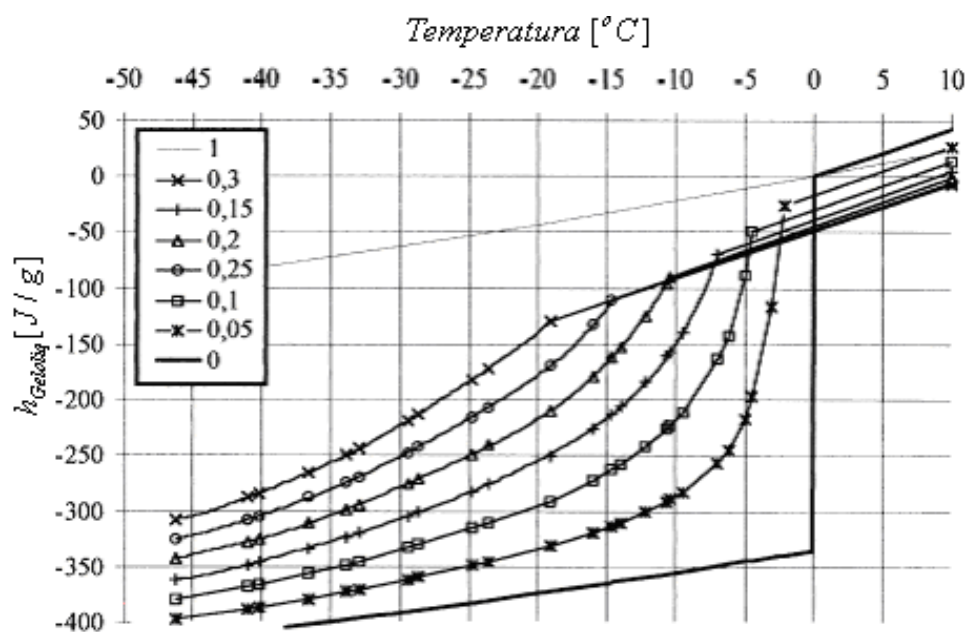
Massa específica da pasta de gelo por temperatura para varias concentrações iniciais de etanol.



Viscosidade dinâmica de pasta de gelo por temperatura para varias concentrações iniciais de Etanol



Variação da condutividade térmica de uma solução aquosa de etanol com a temperatura e a concentração do aditivo por volume do aditivo.



Variação da entalpia da pasta de gelo por temperatura para várias concentrações de etanol.

8.2.

Validação do método calorimétrico

Para a medida da fração de gelo da pasta foi utilizado um calorímetro.

Uma vez que, foram provados vários métodos sem resultados satisfatórios, este calorímetro foi construído no LRA, a partir de recursos existentes no laboratório.

A figura 42 mostra, em detalhe, o calorímetro construído.

8.2.1.

Calibração do calorímetro

O calorímetro foi calibrado com água destilada sem presença de gelo, e com presença de gelo na amostra.

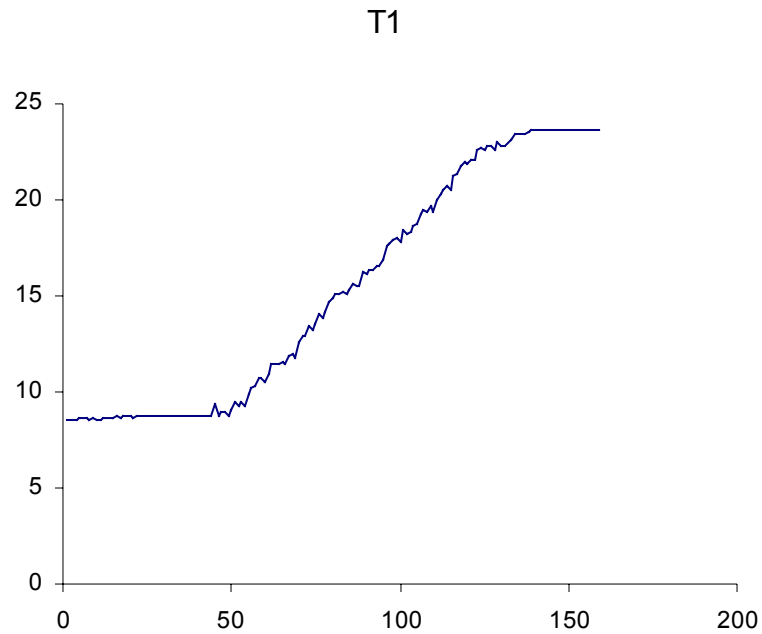
Existe uma pequena divergência no calor fornecido pela fonte de energia elétrica a traves da resistência elétrica e a avaliação do calor sensível. Esta diferença foi atribuída a capacidade térmica dos componentes do calorímetro, o valor foi de 142 J/K.

A primeira calibração foi feita utilizando água, ou seja, a amostra experimento troca de calor sensível. Nesta calibração foi determinada a capacidade térmica do calorímetro.

A segunda calibração foi feita utilizando água e gelo numa proporção conhecida que foi medida, a amostra experimento troca de calor sensível e calor latente. A divergência das frações de gelo calculadas e medida como é mostrada na tabela a seguir é muito pequena, a incerteza é da ordem de 3%.

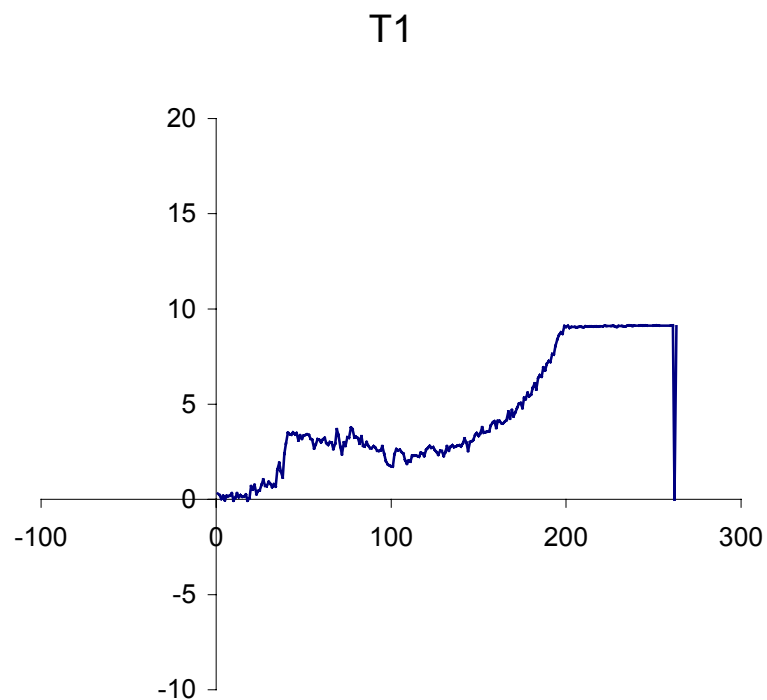
Calibração	P_{med} [W]	t [s]	Q_{elct} [J]	Massa [kg]	T_{-} [K]	$T_{G\&L\&Q}$ [K]	$Q_{sensível}$ [J]	X_{gelo} [w/w]	$Q_{Latente}$ [J]	$X_{gelo\ exp}$ [w/w]
Água	202,6	180,0	36469,8	0,550	23,6	8,7	36469,8			
Água-gelo	201,0	391,0	78591,0	0,474	9,1	0,0	19317,5	0,37	59273,5	0,39

Parâmetros obtidos para a calibração do calorímetro



Variação da temperatura da água, troca de calor sensível

Nesta experiência foi comparados o calor sensível da água e o calor dissipado na resistência elétrica, fazendo balanço de energia com a capacidade térmica da água destilada. Os resultados estão na tabela já mostrada na pagina anterior.



Curva de calibração com água e gelo, troca de calor sensível e latente

O procedimento foi o mesmo aqui com diferença que é considerado o calor latente de uma amostra conhecida de gelo e água no ponto de solidificação.

As incertezas associadas a este método foram analisadas, considerando a equação seguinte:

$$x_{Geloliq} = \frac{Q_{elet} - m_{amost} \cdot Cp_{fp}(T_f - T_{Geloliq}) - C_{calorim}(T_f - T_{Geloliq})}{h_{ls}m_{amost}}$$