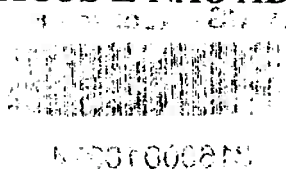


MARCO ANTONIO SOARES DE PAIVA

***ESTUDO TEÓRICO E EXPERIMENTAL DO ESCOAMENTO
DE FLUIDOS REFRIGERANTES ATRAVÉS DE TUBOS CAPILARES
ADIABÁTICOS E NÃO ADIABÁTICOS***



Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Doutor em Engenharia

São Paulo
1997

VOLUME 2

APÊNDICE E

FIGURAS E TABELAS DO CAPÍTULO 5

1. INTRODUÇÃO

2. OBJETIVOS

3. METODOLOGIA

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5. CONCLUSÃO

6. REFERÊNCIAS

7. ANEXOS

8. TABELAS

9. FIGURAS

10. TABELA DE ABREVIAÇÕES

11. TABELA DE SIGLAS

12. TABELA DE SÍMBOLOS

13. TABELA DE UNIDADES

14. TABELA DE CONSTANTES

15. TABELA DE FÓRMULAS

16. TABELA DE DADOS

17. TABELA DE RESULTADOS

18. TABELA DE CONCLUSÃO

19. TABELA DE REFERÊNCIAS

20. TABELA DE ANEXOS

21. TABELA DE TÍTULOS

22. TABELA DE ÍNDICES

23. TABELA DE ABREVIATURAS

24. TABELA DE SIGLAS

25. TABELA DE SÍMBOLOS

26. TABELA DE UNIDADES

27. TABELA DE CONSTANTES

28. TABELA DE FÓRMULAS

29. TABELA DE DADOS

30. TABELA DE RESULTADOS

31. TABELA DE CONCLUSÃO

32. TABELA DE REFERÊNCIAS

33. TABELA DE ANEXOS

34. TABELA DE TÍTULOS

35. TABELA DE ÍNDICES

36. TABELA DE ABREVIATURAS

37. TABELA DE SIGLAS

38. TABELA DE SÍMBOLOS

39. TABELA DE UNIDADES

40. TABELA DE CONSTANTES

41. TABELA DE FÓRMULAS

42. TABELA DE DADOS

43. TABELA DE RESULTADOS

44. TABELA DE CONCLUSÃO

45. TABELA DE REFERÊNCIAS

46. TABELA DE ANEXOS

47. TABELA DE TÍTULOS

48. TABELA DE ÍNDICES

49. TABELA DE ABREVIATURAS

50. TABELA DE SIGLAS

51. TABELA DE SÍMBOLOS

52. TABELA DE UNIDADES

53. TABELA DE CONSTANTES

54. TABELA DE FÓRMULAS

55. TABELA DE DADOS

56. TABELA DE RESULTADOS

57. TABELA DE CONCLUSÃO

58. TABELA DE REFERÊNCIAS

59. TABELA DE ANEXOS

60. TABELA DE TÍTULOS

61. TABELA DE ÍNDICES

62. TABELA DE ABREVIATURAS

63. TABELA DE SIGLAS

64. TABELA DE SÍMBOLOS

65. TABELA DE UNIDADES

66. TABELA DE CONSTANTES

67. TABELA DE FÓRMULAS

68. TABELA DE DADOS

69. TABELA DE RESULTADOS

70. TABELA DE CONCLUSÃO

71. TABELA DE REFERÊNCIAS

72. TABELA DE ANEXOS

73. TABELA DE TÍTULOS

74. TABELA DE ÍNDICES

75. TABELA DE ABREVIATURAS

76. TABELA DE SIGLAS

77. TABELA DE SÍMBOLOS

78. TABELA DE UNIDADES

79. TABELA DE CONSTANTES

80. TABELA DE FÓRMULAS

81. TABELA DE DADOS

82. TABELA DE RESULTADOS

83. TABELA DE CONCLUSÃO

84. TABELA DE REFERÊNCIAS

85. TABELA DE ANEXOS

86. TABELA DE TÍTULOS

87. TABELA DE ÍNDICES

88. TABELA DE ABREVIATURAS

89. TABELA DE SIGLAS

90. TABELA DE SÍMBOLOS

91. TABELA DE UNIDADES

92. TABELA DE CONSTANTES

93. TABELA DE FÓRMULAS

94. TABELA DE DADOS

95. TABELA DE RESULTADOS

96. TABELA DE CONCLUSÃO

97. TABELA DE REFERÊNCIAS

98. TABELA DE ANEXOS

99. TABELA DE TÍTULOS

100. TABELA DE ÍNDICES

LISTA DE TABELAS - VOLUME 2

- Tabela 5.1.** Resumo dos resultados obtidos nos ensaios com tubo capilar adiabático usando HFC 134a..... v.2 - 62
- Tabela 5.2.** Resumo dos resultados experimentais para tubo capilar adiabático com HFC 134a, agrupados por temperatura de condensação e subresfriamento, com destaque para a dispersão dos resultados experimentais..... v.2 - 63
- Tabela 5.3.** Resultados experimentais e numéricos para todos os ensaios com tubo capilar não adiabático, CFC 12..... v.2 - 64
- Tabela 5.4.** Resultados experimentais e numéricos agrupados por condição operacional de ensaio. Tubo capilar não adiabático, CFC 12..... v.2 - 66
- Tabela 5.5.** Resultados experimentais e numéricos para todos os ensaios com tubo capilar não adiabático, HFC 134a..... v.2 - 67
- Tabela 5.6.** Resultados experimentais e numéricos agrupados por condição operacional de ensaio. Tubo capilar não adiabático, HFC 134a..... v.2 - 69
- Tabela 5.7.** Parâmetros adotados para as condições de referência utilizadas nos estudos de sensibilidade..... v.2 - 70
- Tabela 5.8.** Exemplo de tabela de dados sobre o perfil de curvatura do tubo capilar. v.2 - 70
- Tabela 5.9.** Valores calculados de comprimento para tubo reto e com encurvamentos de vários tipos..... v.2 - 70
- Tabela 5.10.** Influência de algumas variáveis sobre o desempenho ou o comprimento necessário de tubo capilar..... v.2 - 71
- Tabela 5.11.** Comparação entre resultados da literatura com resultados obtidos através do programa desenvolvido..... v.2 - 72
- Tabela 5.12.** Condições operacionais e parâmetros utilizados nos casos analisados na tabela 5.11.....v2 - 74

LISTA DE FIGURAS - VOLUME 2

- Figura 5.1.** Evolução da pressão na entrada do tubo capilar ao longo do ensaio AD127.
..... v.2 - 1
- Figura 5.2.** Evolução da pressão no reservatório de jusante do tubo capilar ao longo do ensaio AD127. v.2 - 1
- Figura 5.3.** Evolução da temperatura do fluido na entrada do tubo capilar ao longo do ensaio AD127. v.2 - 2
- Figura 5.4.** Evolução da vazão mássica através do tubo capilar ao longo do ensaio AD127. v.2 - 2
- Figura 5.5.** Perfil de temperatura ao longo do tubo capilar, caso AD127. v.2 - 3
- Figura 5.6.** Perfil de temperatura ao longo do tubo capilar, caso AD127. v.2 - 3
- Figura 5.7.** Perfil de temperatura ao longo do tubo capilar, caso AD127. v.2 - 4
- Figura 5.8.** Perfil de temperatura ao longo do tubo capilar, caso AD127. v.2 - 4
- Figura 5.9.** Comparação entre resultados experimentais e numéricos, sem considerar o atraso de vaporização nos cálculos numéricos. v.2 - 5
- Figura 5.10.** Comparação entre resultados experimentais e numéricos, considerando o atraso de vaporização nos cálculos numéricos. v.2 - 5
- Figura 5.11.** Histograma dos desvios dos resultados numéricos, considerando todos os desvios em valor absoluto, sem utilizar o atraso de vaporização no cálculo numérico HFC 134a, tubo capilar adiabático. v.2 - 6
- Figura 5.12.** Histograma dos desvios dos resultados numéricos, considerando apenas os casos com erro negativo, sem utilizar o atraso de vaporização no cálculo numérico. HFC 134a, tubo capilar adiabático. v.2 - 6
- Figura 5.13.** Histograma dos desvios dos resultados numéricos considerando apenas os casos com desvio positivo, sem utilizar o atraso de vaporização no cálculo numérico HFC 134a, tubo capilar adiabático. v.2 - 7
- Figura 5.14.** Histograma dos desvios dos resultados numéricos considerando apenas os casos com desvio, utilizando o atraso de vaporização no cálculo numérico. HFC 134a, tubo capilar adiabático. v.2 - 7
- Figura 5.15.** Histograma e frequência acumulada da dispersão dos resultados experimentais em cada condição operacional, para CFC 12, tubo capilar não adiabático. v.2 - 8
- Figura 5.16.** Comparação gráfica entre resultados numéricos e experimentais, tubo capilar não adiabático, CFC 12. v.2 - 8

- Figura 5.17.** Histograma e frequência acumulada do desvio dos resultados numéricos em valor absoluto, considerando a média dos resultados experimentais para cada condição geométrica para o caso de CFC 12, tubo capilar não adiabático. v.2 - 9
- Figura 5.18.** Histograma e frequência acumulada do desvio absoluto dos resultados numéricos em relação aos experimentais, considerando a totalidade dos resultados experimentais, para CFC 12, tubo capilar não adiabático. v.2 - 9
- Figura 5.19.** Comparação entre resultados experimentais e numéricos para vários subresfriamentos. v.2 - 10
- Figura 5.20.** Comparação entre resultados experimentais e numéricos para vários subresfriamentos. v.2 - 10
- Figura 5.21.** Comparação entre resultados experimentais e numéricos para vários subresfriamentos. v.2 - 11
- Figura 5.22.** Comparação entre resultados experimentais e numéricos para vários subresfriamentos. v.2 - 11
- Figura 5.23.** Desvio dos resultados numéricos em relação aos experimentais em função do subresfriamento. v.2 - 12
- Figura 5.24.** Desvio dos resultados numéricos em relação aos experimentais em função do subresfriamento. v.2 - 12
- Figura 5.25.** Desvio dos resultados numéricos em relação aos experimentais em função do subresfriamento. v.2 - 13
- Figura 5.26.** Desvio dos resultados numéricos em relação aos experimentais em função do subresfriamento. v.2 - 13
- Figura 5.27.** Variação ao longo do ensaio da pressão absoluta na entrada do tubo capilar. Ensaio com tubo capilar não adiabático, CFC 12, ensaio NAD092. v.2 - 14
- Figura 5.28.** Variação ao longo do ensaio da pressão no reservatório de saída do tubo capilar. Ensaio com tubo capilar não adiabático, CFC 12, ensaio NAD092. v.2 - 14
- Figura 5.29.** Variação ao longo do ensaio da temperatura na entrada do tubo capilar. Ensaio com tubo capilar não adiabático, CFC 12, ensaio NAD092. v.2 - 15
- Figura 5.30.** Variação ao longo do ensaio da vazão mássica através do tubo capilar. Ensaio com tubo capilar não adiabático, CFC 12, ensaio NAD092. v.2 - 15
- Figura 5.31.** Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar adiabático, CFC 12, ensaio NAD092). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com 9 °C de subresfriamento. v.2 - 16
- Figura 5.32.** Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar adiabático, CFC 12, ensaio NAD092). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com 6 °C de subresfriamento. v.2 - 17

- Figura 5.33.** Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar adiabático, CFC 12, ensaio NAD092). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com 3 °C de subresfriamento. v.2 - 18
- Figura 5.34.** Perfis de temperatura medidos e calculados para o tubo capilar e a linha de sucção. Tubo capilar não adiabático, CFC 12, subresfriamento de 12 °C, Tcond = 50 °C, ensaio NAD092. v.2 - 19
- Figura 5.35.** Perfis de temperatura medidas e de saturação do tubo capilar para duas condições de operação, uma com pequeno e outra com grande atraso de vaporização. v.2 - 19
- Figura 5.36.** Perfis de temperatura medidos e calculados para o tubo capilar e a linha de sucção. Tubo capilar não adiabático, CFC 12, subresfriamento de 12 °C, Tcond = 50 °C, ensaio NAD079. v.2 - 20
- Figura 5.37.** Perfis experimentais de temperatura obtidos no ensaio NAD092, para DTsub = 12 °C. v.2 - 21
- Figura 5.38.** Perfis experimentais de temperatura obtidos no ensaio NAD092, para DTsub = 9 °C. v.2 - 21
- Figura 5.39.** Perfis experimentais de temperatura obtidos no ensaio NAD092, para DTsub = 6 °C. v.2 - 22
- Figura 5.40.** Perfis experimentais de temperatura obtidos no ensaio NAD092, para DTsub = 3 °C. v.2 - 22
- Figura 5.41.** Perfis experimentais de temperatura obtidos no ensaio NAD079, para DTsub = 12 °C. v.2 - 23
- Figura 5.42.** Perfis experimentais de temperatura obtidos no ensaio NAD079, para DTsub = 9 °C. v.2 - 23
- Figura 5.43.** Perfis experimentais de temperatura obtidos no ensaio NAD079, para DTsub = 6 °C. v.2 - 24
- Figura 5.44.** Perfis experimentais de temperatura obtidos no ensaio NAD079, para DTsub = 3 °C. v.2 - 24
- Figura 5.45.** Histograma e frequência acumulada da dispersão dos resultados experimentais para cada condição operacional, para HFC 134a, tubo capilar não adiabático. v.2 - 25
- Figura 5.46.** Comparação gráfica entre resultados numéricos e experimentais, tubo capilar não adiabático, HFC 134a. v.2 - 25
- Figura 5.47.** Histograma e frequência acumulada do desvio dos resultados numéricos, considerando a média dos resultados experimentais para cada condição operacional para o caso de HFC 134a, tubo capilar não adiabático. v.2 - 26

- Figura 5.48.** Histograma e frequência acumulada do desvio dos resultados numéricos, considerando a totalidade dos resultados experimentais, para HFC 134a, tubo capilar não adiabático. v.2 - 26
- Figura 5.49.** Diferença percentual de vazão entre resultados experimentais e numéricos em função de ΔT_{sub} para HFC 134a, tubo capilar não adiabático, $T_{cond} = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ v.2 - 27
- Figura 5.50.** Diferença percentual de vazão entre resultados experimentais e numéricos em função de ΔT_{sub} para HFC 134a, tubo capilar não adiabático, $T_{cond} = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ v.2 - 27
- Figura 5.51.** Diferença percentual de vazão entre resultados experimentais e numéricos em função de ΔT_{sub} para HFC 134a, tubo capilar não adiabático, $T_{cond} = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ v.2 - 28
- Figura 5.52.** Diferença percentual de vazão entre resultados experimentais e numéricos em função de ΔT_{sub} para HFC 134a, tubo capilar não adiabático, $T_{cond} = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$ v.2 - 28
- Figura 5.53.** Gráfico da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC-134a, ensaio NAD140). v.2 - 29
- Figura 5.54.** Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC-134a, ensaio NAD140). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ de subresfriamento. v.2 - 30
- Figura 5.55.** Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC-134a, ensaio NAD140). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ de subresfriamento. v.2 - 31
- Figura 5.56.** Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC-134a, ensaio NAD140). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ de subresfriamento. v.2 - 32
- Figura 5.57.** Gráfico da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC-134a, ensaio NAD155). v.2 - 33
- Figura 5.58.** Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC-134a, ensaio NAD155). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ de subresfriamento. v.2 - 34
- Figura 5.59.** Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC-134a, ensaio NAD155). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ de subresfriamento. v.2 - 35
- Figura 5.60.** Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC-134a, ensaio NAD155). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ de subresfriamento. v.2 - 36
- Figura 5.61.** Gráfico da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC-134a, ensaio NAD159). v.2 - 37

Figura 5.62. Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC-134a, ensaio NAD159). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com 9 °C de subresfriamento.....	v.2 - 38
Figura 5.63. Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC-134a, ensaio NAD159). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com 6 °C de subresfriamento.....	v.2 - 39
Figura 5.64. Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC-134a, ensaio NAD159). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com 3 °C de subresfriamento.....	v.2 - 40
Figura 5.65. Gráfico da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC 134a, ensaio NAD162).....	v.2 - 41
Figura 5.66. Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC 134a, ensaio NAD162). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com 9 °C de subresfriamento.	v.2 - 42
Figura 5.67. Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC 134a, ensaio NAD162). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com 6 °C de subresfriamento.	v.2 - 43
Figura 5.68. Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC 134a, ensaio NAD162). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com 3 °C de subresfriamento.	v.2 - 44
Figura 5.69. Perfis medidos de temperatura	v.2 - 45
Figura 5.70. Perfis medidos de temperatura	v.2 - 45
Figura 5.71. Perfis medidos de temperatura	v.2 - 46
Figura 5.72. Perfis medidos de temperatura	v.2 - 46
Figura 5.73. Perfis medidos de temperatura	v.2 - 47
Figura 5.74. Perfis medidos de temperatura	v.2 - 47
Figura 5.75. Perfis medidos de temperatura	v.2 - 48
Figura 5.76. Perfis medidos de temperatura	v.2 - 48
Figura 5.77. Perfis medidos de temperatura	v.2 - 49
Figura 5.78. Perfis medidos de temperatura	v.2 - 49
Figura 5.79. Perfis medidos de temperatura	v.2 - 50
Figura 5.80. Perfis medidos de temperatura	v.2 - 50
Figura 5.81. Perfis medidos de temperatura	v.2 - 51

- Figura 5.82.** Perfis medidos de temperatura dos ensaio NAD176 e NAD168 para $\Delta T_{sub} = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ v.2 - 51
- Figura 5.83.** Perfis medidos e calculados de temperatura para o ensaio NAD140. Tubo capilar não adiabático, HFC-134a, $\Delta T_{sub} = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ v.2 - 52
- Figura 5.84.** Perfis medidos e calculados de temperatura para o ensaio NAD140. Tubo capilar não adiabático, HFC-134a, $\Delta T_{sub} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ v.2 - 52
- Figura 5.85.** Perfis típicos de temperatura ao longo de tubo capilar adiabático. v.2 - 53
- Figura 5.86.** Circuito proposto com trocador de calor linha de líquido - linha de sucção e tubo capilar adiabático independente. v.2 - 53
- Figura 5.87.** Efeito da temperatura de condensação sobre a vazão mássica no tubo capilar, condição não adiabática. v.2 - 54
- Figura 5.88.** Aumento da vazão numérica do HFC-134a em relação ao CFC-12 para o tubo capilar da seção principal de testes, condição não adiabática. v.2 - 54
- Figura 5.89.** Efeito do subresfriamento sobre a vazão através do tubo capilar, condição não adiabática. v.2 - 55
- Figura 5.90.** Influência de DT_{sub} sobre a vazão mássica para trocador de calor tubos laterais, trocador de calor de tubos concêntrico e TC adiabático (CFC-12). v.2 - 55
- Figura 5.91.** Influência da temperatura de evaporação na vazão mássica, condição não adiabática. v.2 - 56
- Figura 5.92.** Efeito da temperatura de entrada na LS sobre a vazão, condição não adiabática. v.2 - 56
- Figura 5.93.** Efeito do diâmetro do TC na vazão mássica, condição não adiabática. .. v.2 - 57
- Figura 5.94.** Efeito da posição e comprimento do trocador de calor na vazão mássica. v.2 - 57
- Figura 5.95.** Influência da rugosidade na vazão mássica, condição não adiabática. v.2 - 58
- Figura 5.96.** Influência do coeficiente de transferência de calor da linha de sucção do trocador de calor de tubos concêntricos sobre a vazão. v.2 - 58
- Figura 5.97.** Influência da excentricidade do tubo capilar em relação à linha de sucção sobre o coeficiente de transferência de calor na linha de sucção na superfície interna, com superfície externa isolada, de acordo com os dados de Snyder (Apud Rohsenow e Hartnett, 1973). v.2 - 59
- Figura 5.98.** Influência da temperatura ambiente sobre a vazão através do tubo capilar, no caso de tubo sem isolamento, condição não adiabática. Caso com 60 % à temperatura ambiente e 40 % dentro do refrigerador. v.2 - 59

Figura 5.99. Desenho esquemático de um tubo capilar, com trechos retilíneos e trechos com curvatura. v.2 - 60

Figura 5.100. Desenho esquemático de um tubo capilar com configuração geométrica típica, utilizado no estudo da influência do encurvamento sobre o comprimento requerido para produzir uma vazão fixada. v.2 - 60

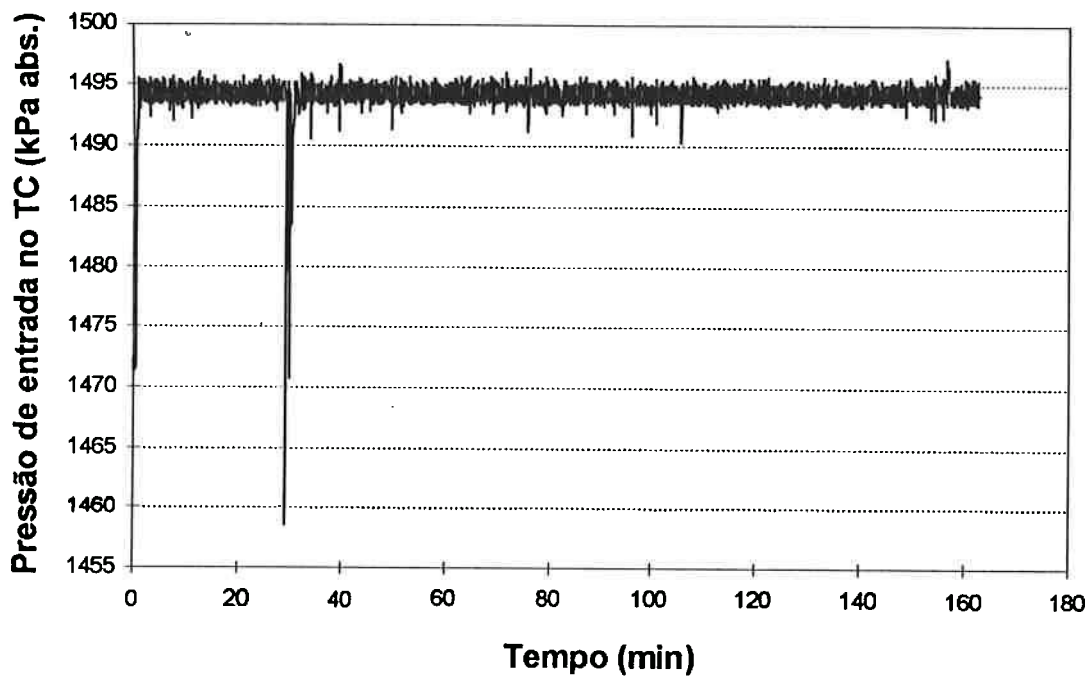


Figura 5.1. Evolução da pressão na entrada do tubo capilar ao longo do ensaio AD127.

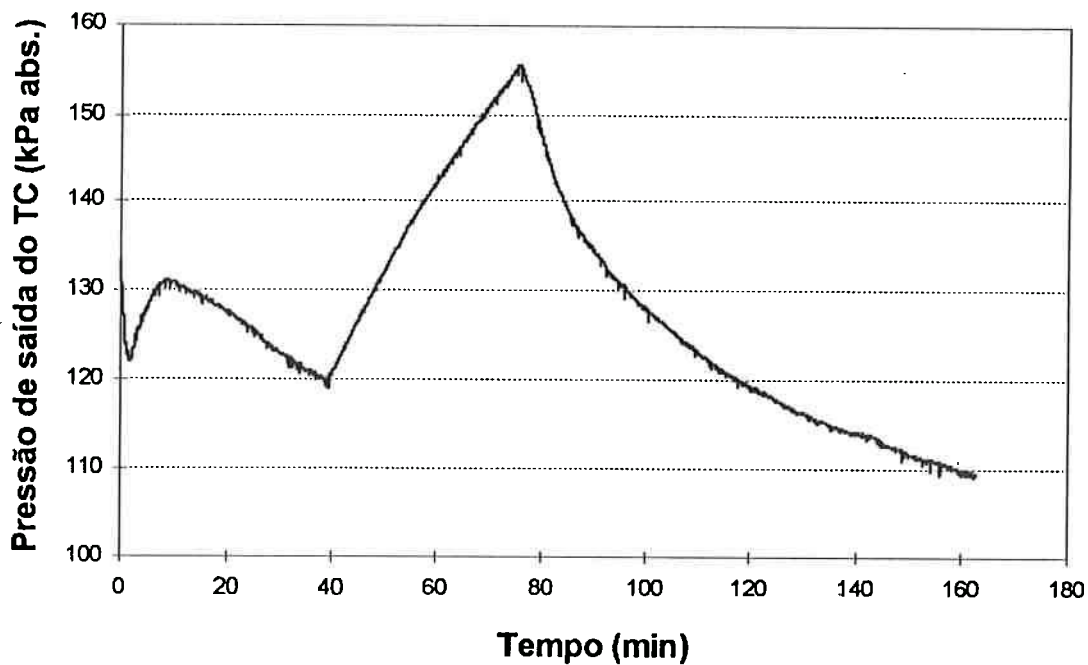


Figura 5.2. Evolução da pressão no reservatório de jusante do tubo capilar ao longo do ensaio AD127.

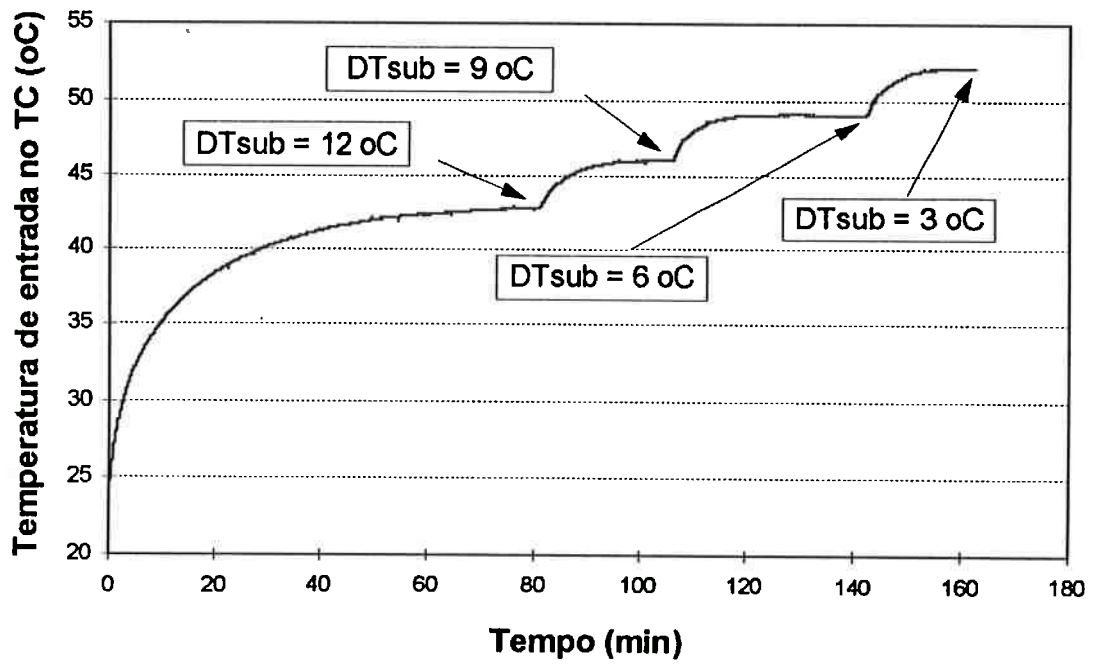


Figura 5.3. Evolução da temperatura do fluido na entrada do tubo capilar ao longo do ensaio AD127.

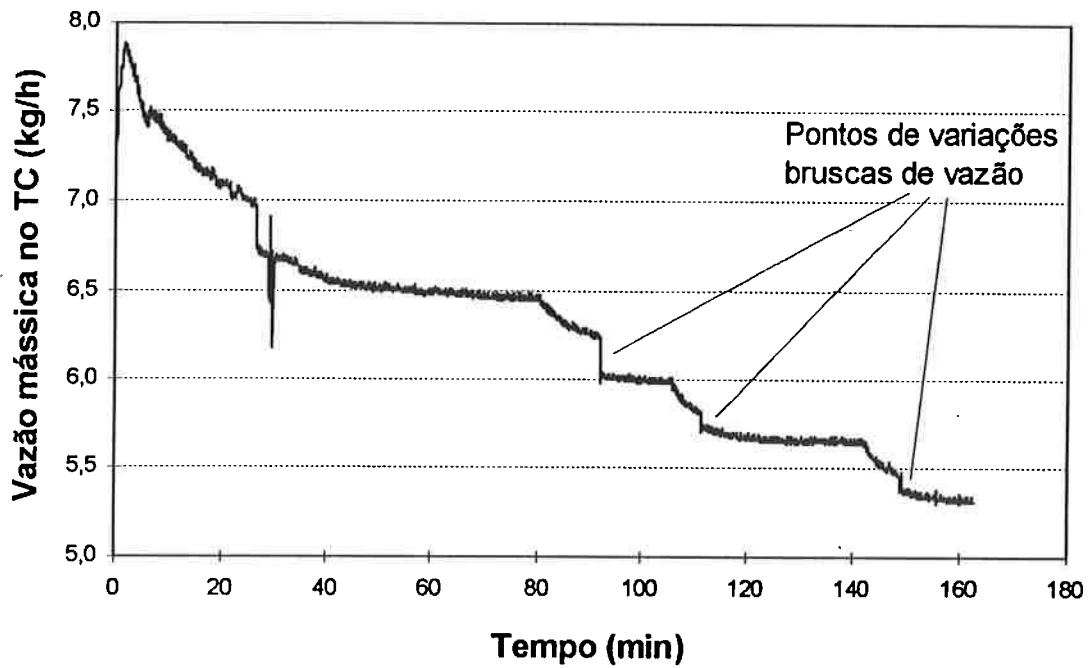


Figura 5.4. Evolução da vazão mássica através do tubo capilar ao longo do ensaio AD127.

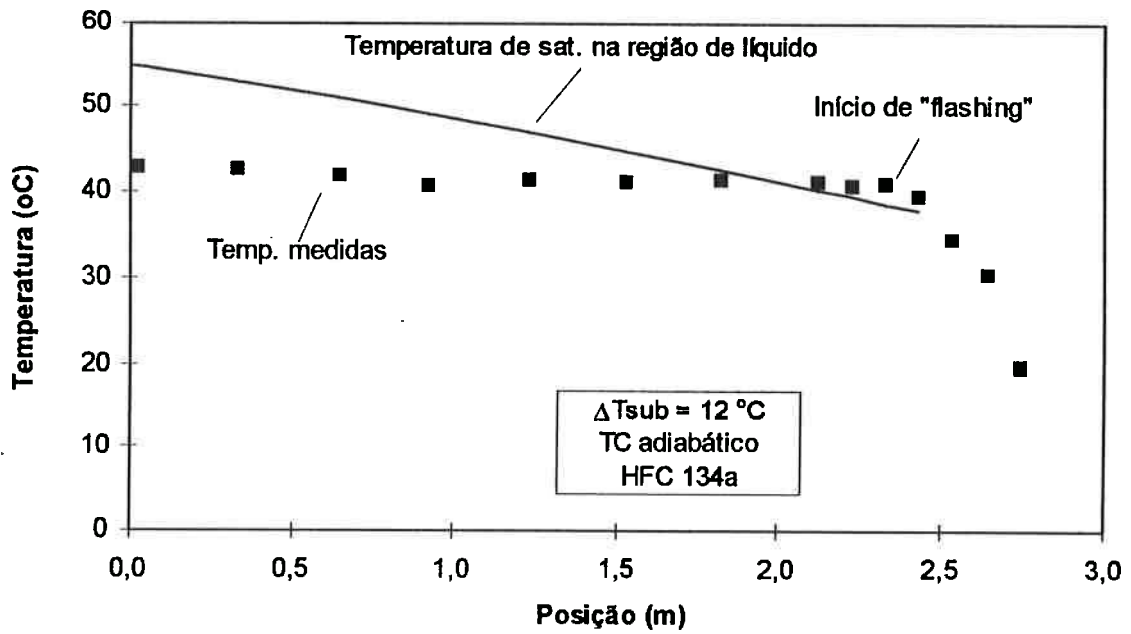


Figura 5.5. Perfil de temperatura ao longo do tubo capilar, caso AD127.

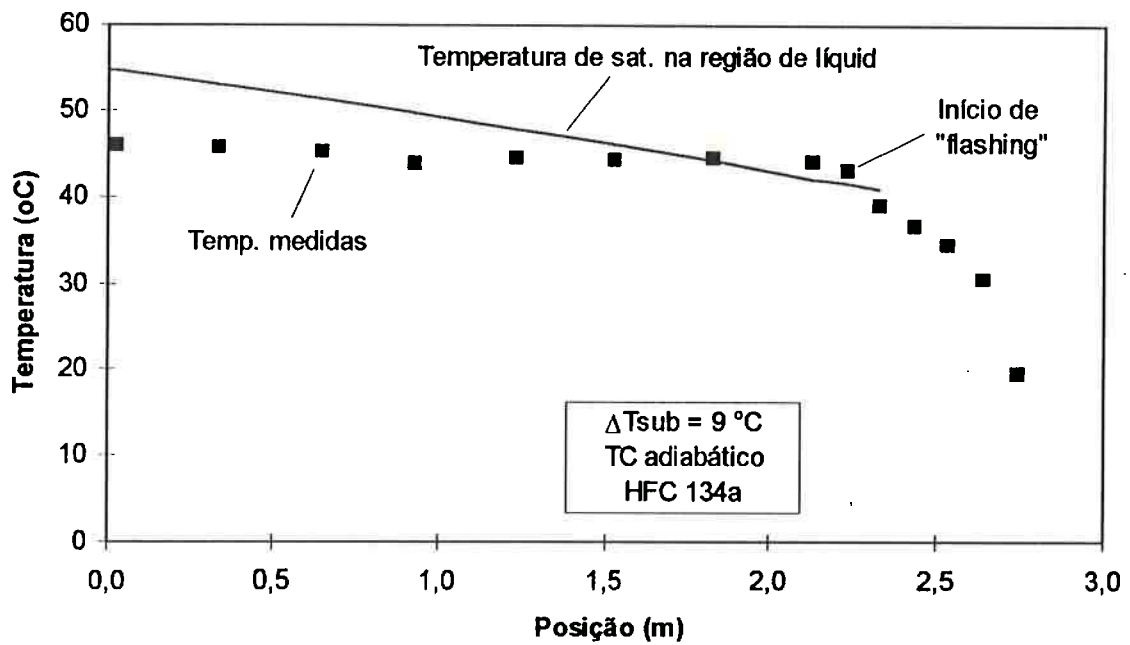


Figura 5.6. Perfil de temperatura ao longo do tubo capilar, caso AD127.

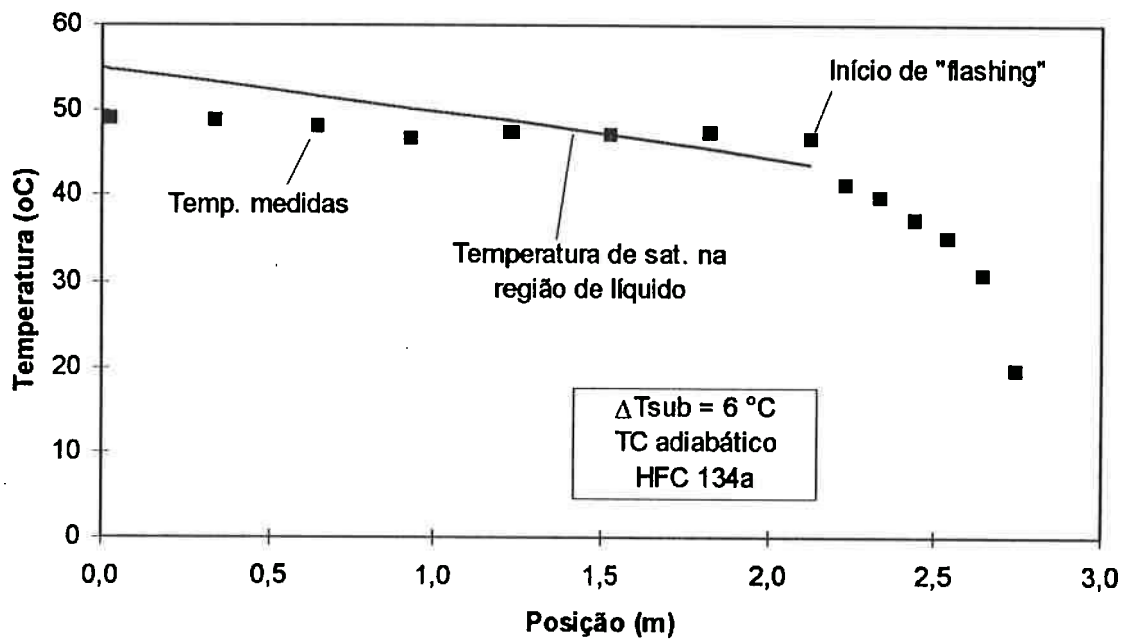


Figura 5.7. Perfil de temperatura ao longo do tubo capilar, caso AD127.

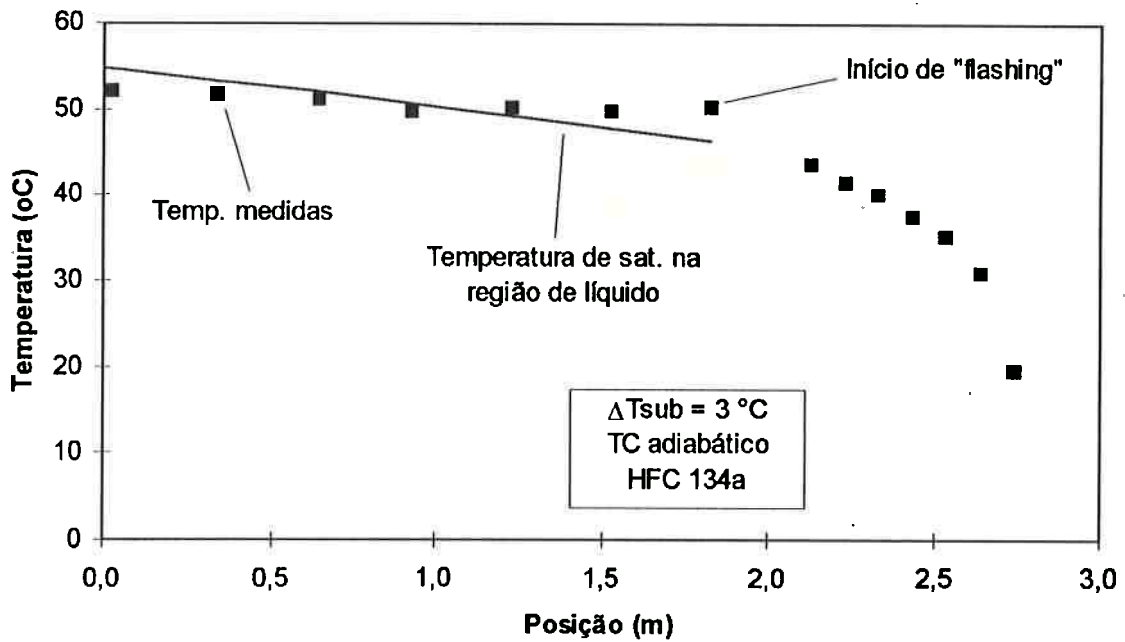


Figura 5.8. Perfil de temperatura ao longo do tubo capilar, caso AD127.

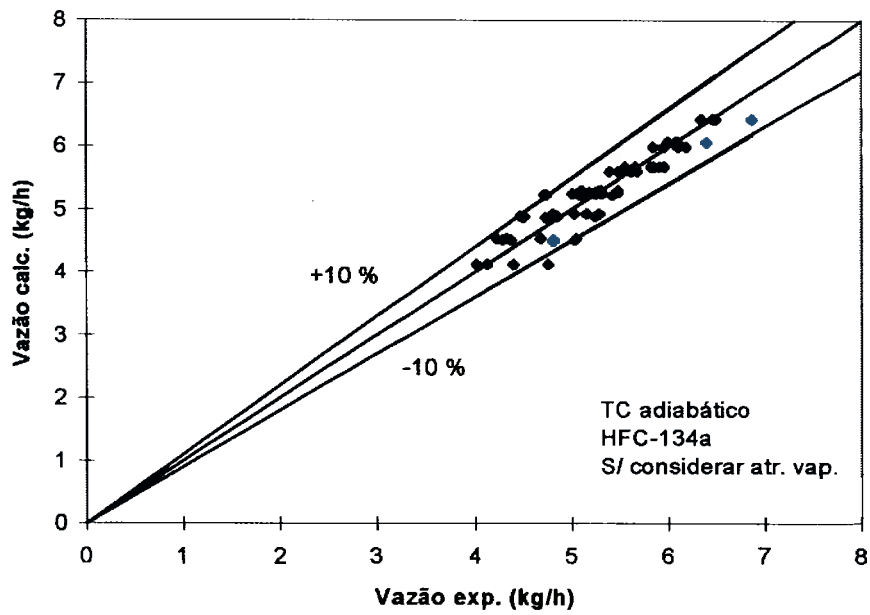


Figura 5.9. Comparação entre resultados experimentais e numéricos, sem considerar o atraso de vaporização nos cálculos numéricos.

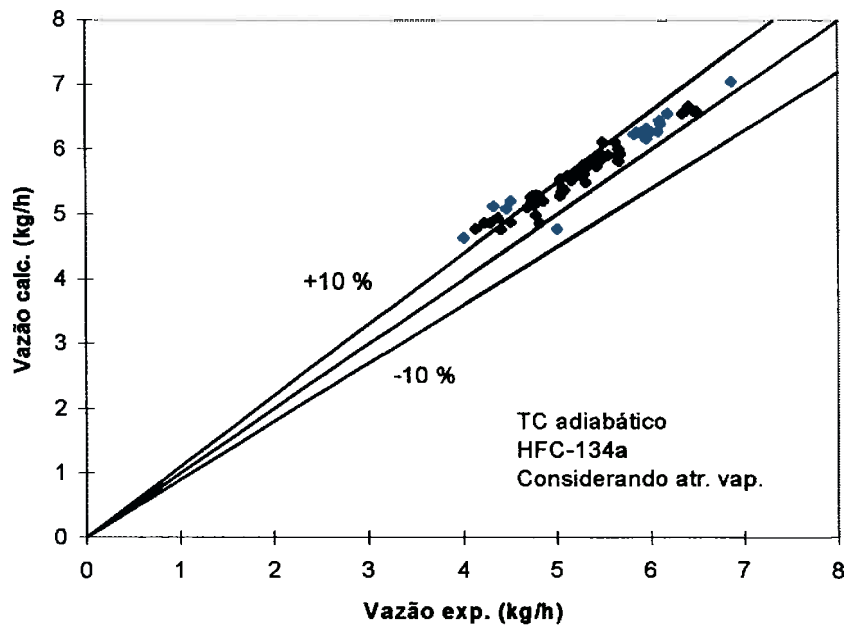


Figura 5.10. Comparação entre resultados experimentais e numéricos, considerando o atraso de vaporização nos cálculos numéricos.

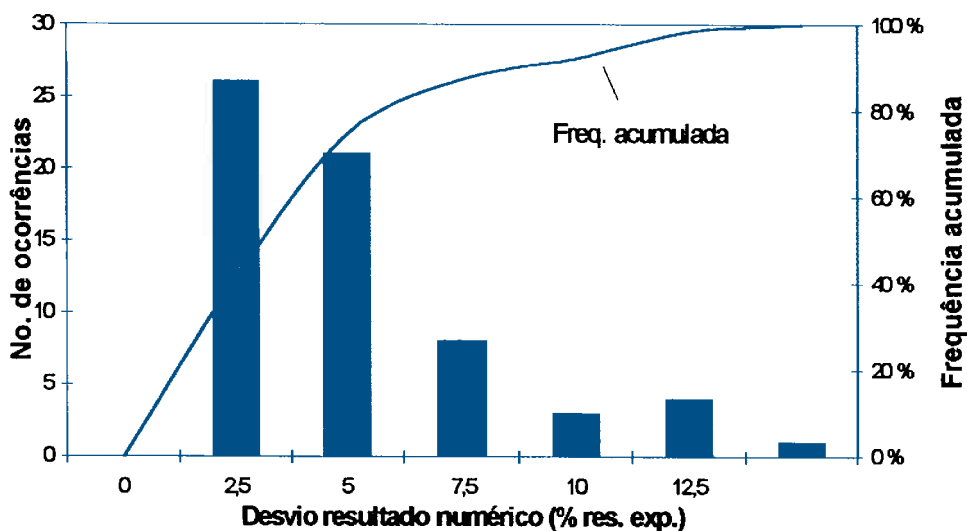


Figura 5.11. Histograma dos desvios dos resultados numéricos, considerando todos os desvios em valor absoluto, sem utilizar o atraso de vaporização no cálculo numérico HFC 134a, tubo capilar adiabático.

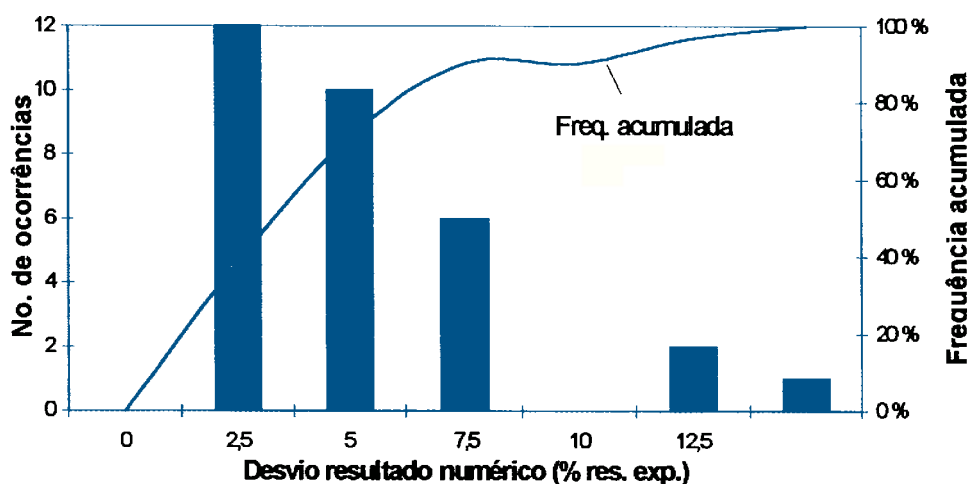


Figura 5.12. Histograma dos desvios dos resultados numéricos, considerando apenas os casos com erro negativo, sem utilizar o atraso de vaporização no cálculo numérico. HFC 134a, tubo capilar adiabático.

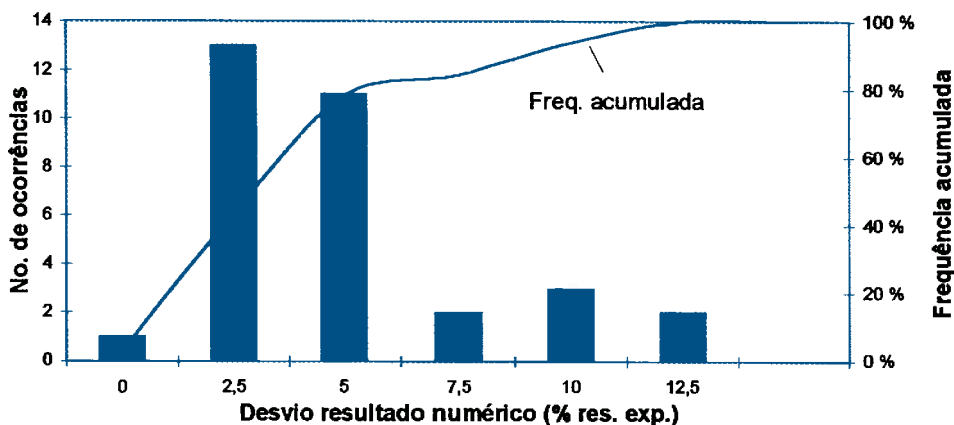


Figura 5.13. Histograma dos desvios dos resultados numéricos considerando apenas os casos com desvio positivo, sem utilizar o atraso de vaporização no cálculo numérico HFC 134a, tubo capilar adiabático.

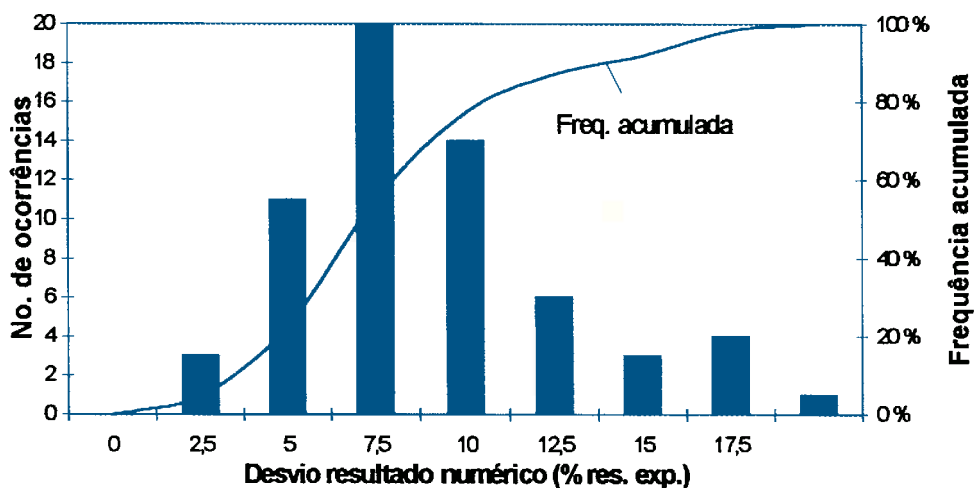


Figura 5.14. Histograma dos desvios dos resultados numéricos considerando apenas os casos com desvio, utilizando o atraso de vaporização no cálculo numérico HFC 134a, tubo capilar adiabático.

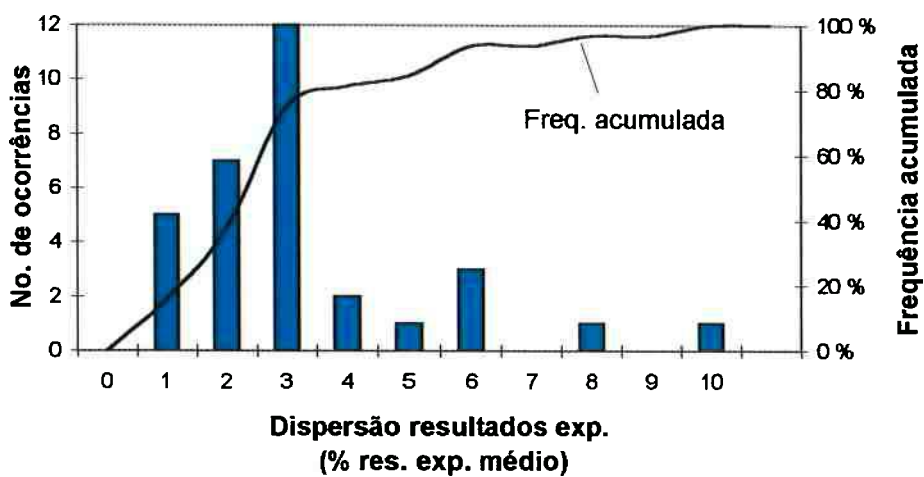


Figura 5.15. Histograma e frequência acumulada da dispersão dos resultados experimentais em cada condição operacional, para CFC 12, tubo capilar não adiabático.

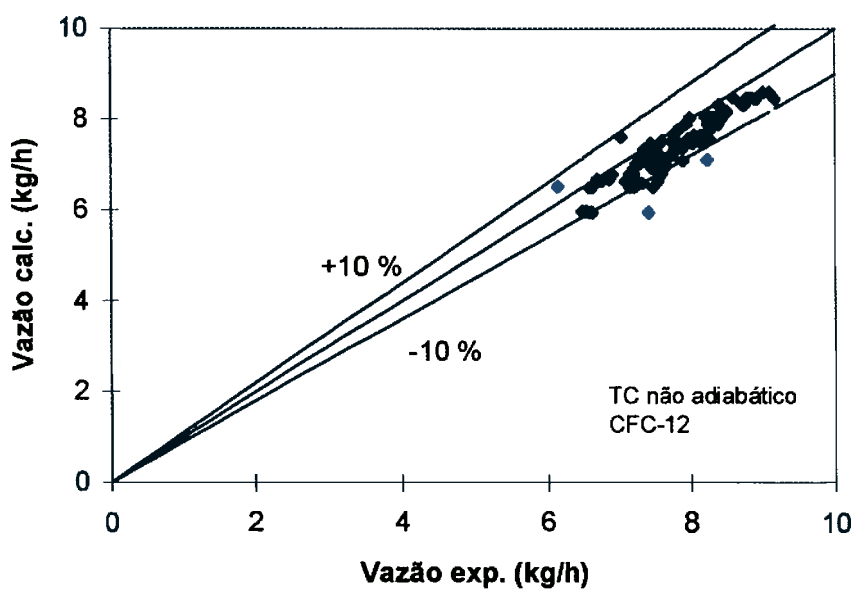


Figura 5.16. Comparação gráfica entre resultados numéricos e experimentais, tubo capilar não adiabático, CFC 12

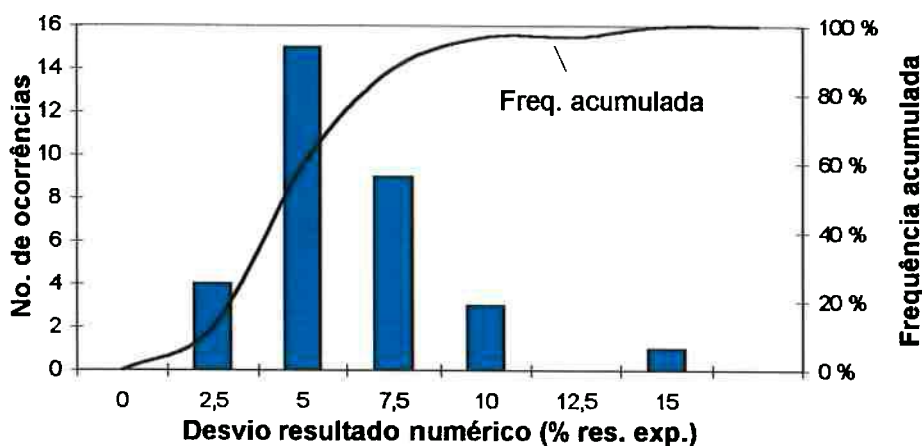


Figura 5.17. Histograma e frequência acumulada do desvio dos resultados numéricos em valor absoluto, considerando a média dos resultados experimentais para cada condição geométrica para o caso de CFC 12, tubo capilar não adiabático.



Figura 5.18. Histograma e frequência acumulada do desvio absoluto dos resultados numéricos em relação aos experimentais, considerando a totalidade dos resultados experimentais, para CFC 12, tubo capilar não adiabático.

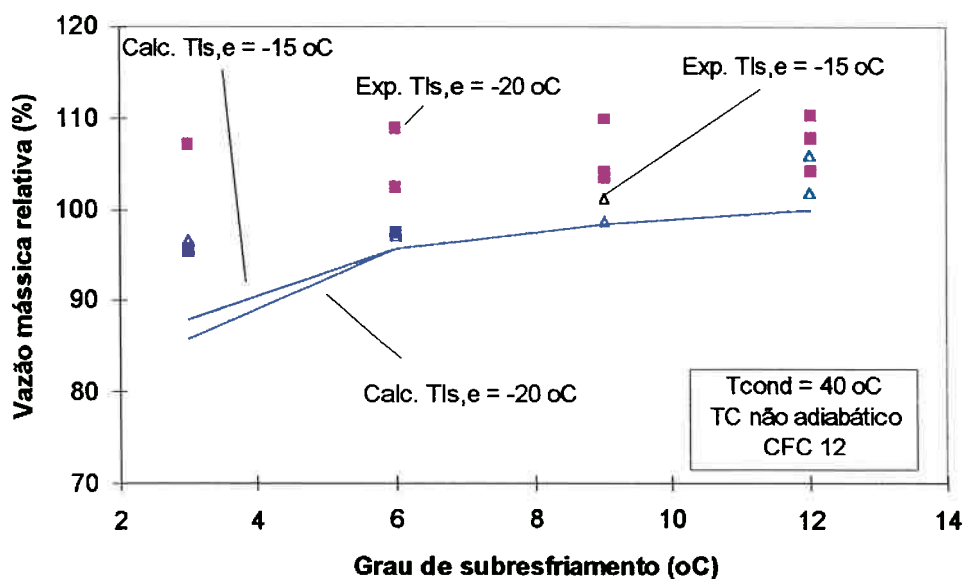


Figura 5.19. Comparação entre resultados experimentais e numéricos para vários subresfriamentos.

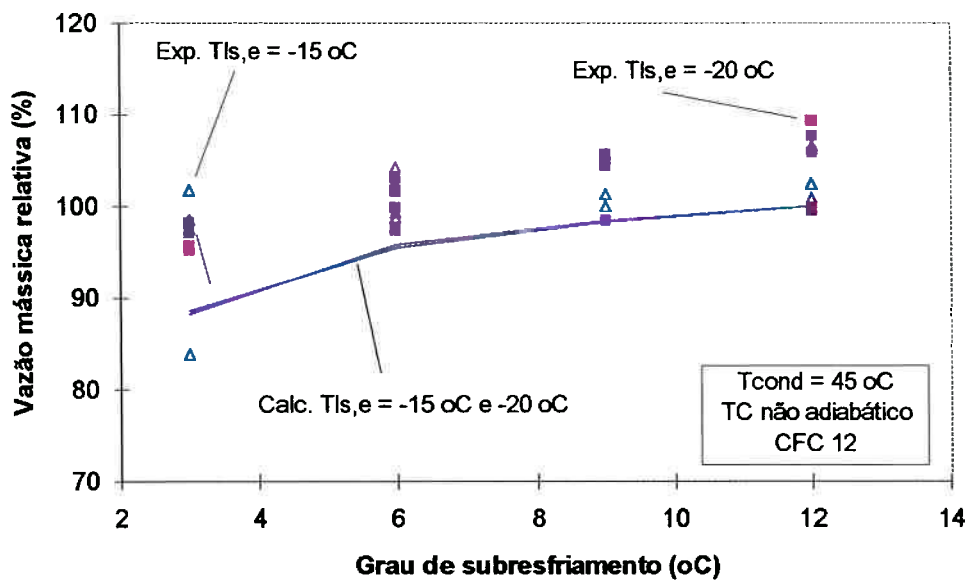


Figura 5.20. Comparação entre resultados experimentais e numéricos para vários subresfriamentos.

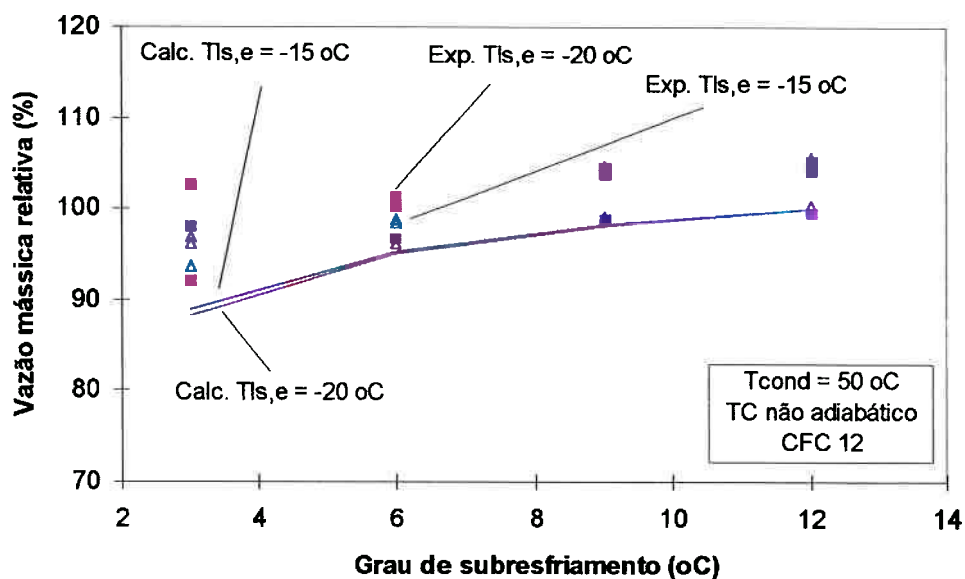


Figura 5.21. Comparação entre resultados experimentais e numéricos para vários subresfriamentos.

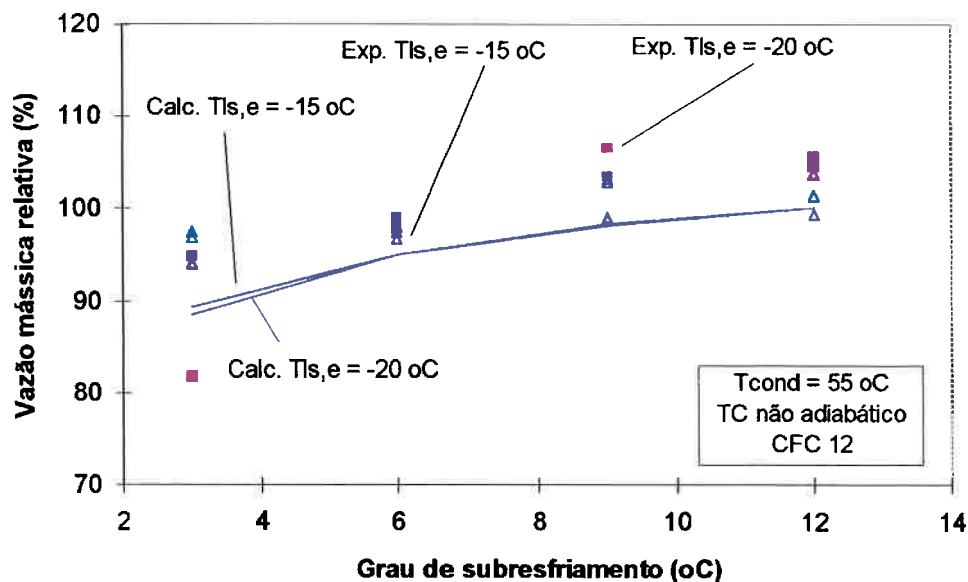


Figura 5.22. Comparação entre resultados experimentais e numéricos para vários subresfriamentos.

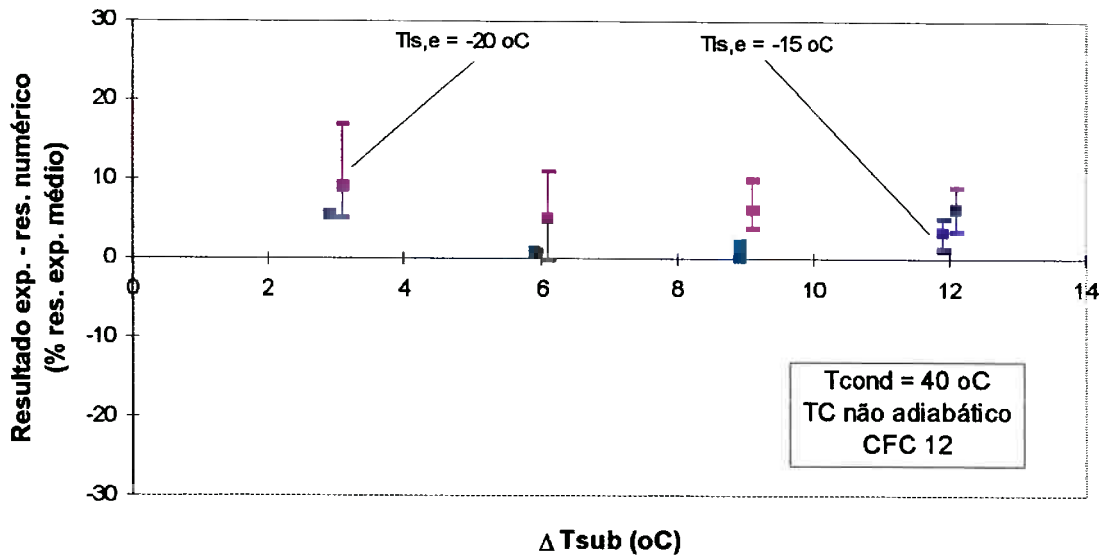


Figura 5.23. Desvio dos resultados numéricos em relação aos experimentais em função do subresfriamento.

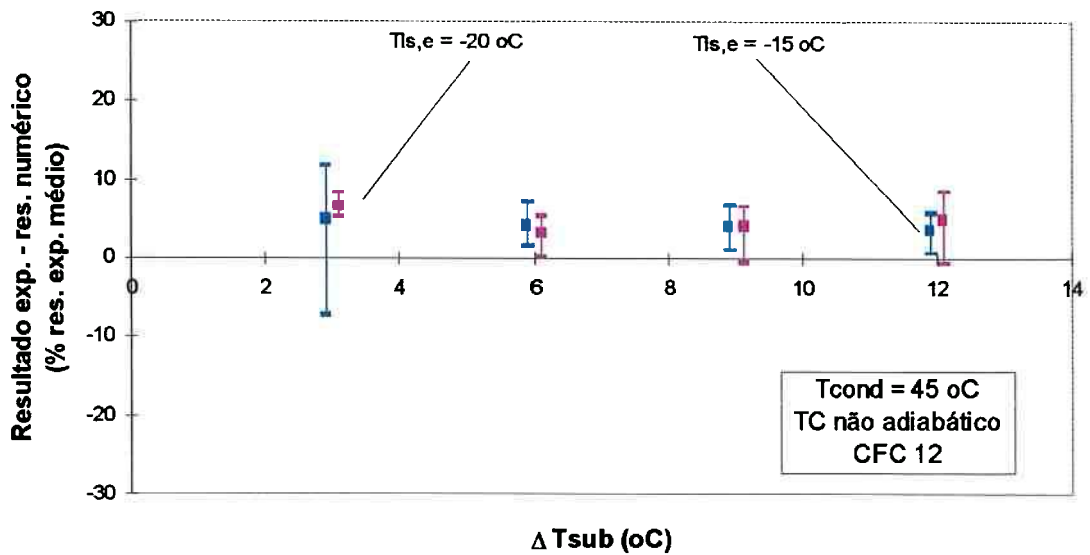


Figura 5.24. Desvio dos resultados numéricos em relação aos experimentais em função do subresfriamento.

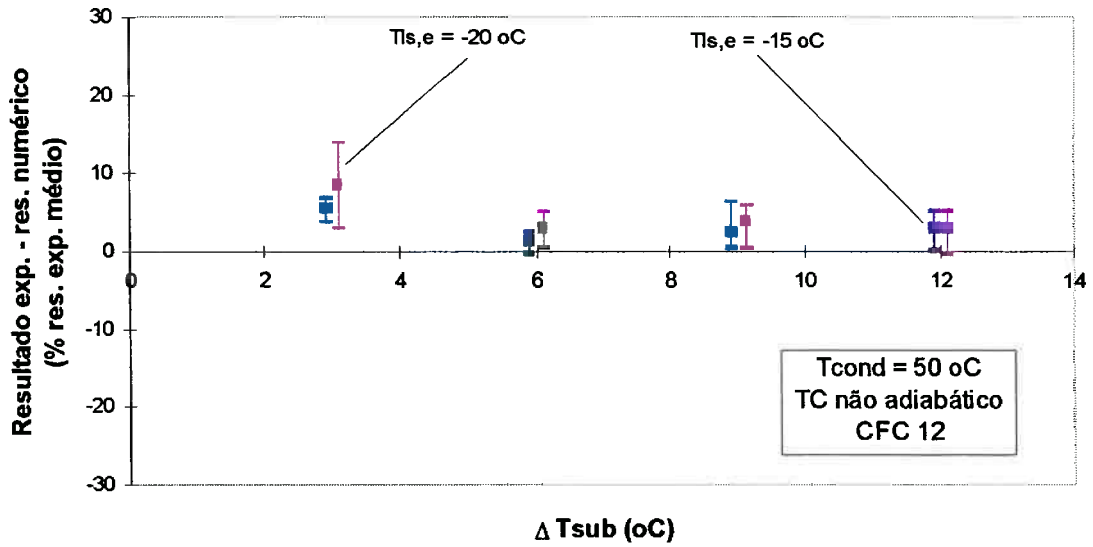


Figura 5.25. Desvio dos resultados numéricos em relação aos experimentais em função do subresfriamento.

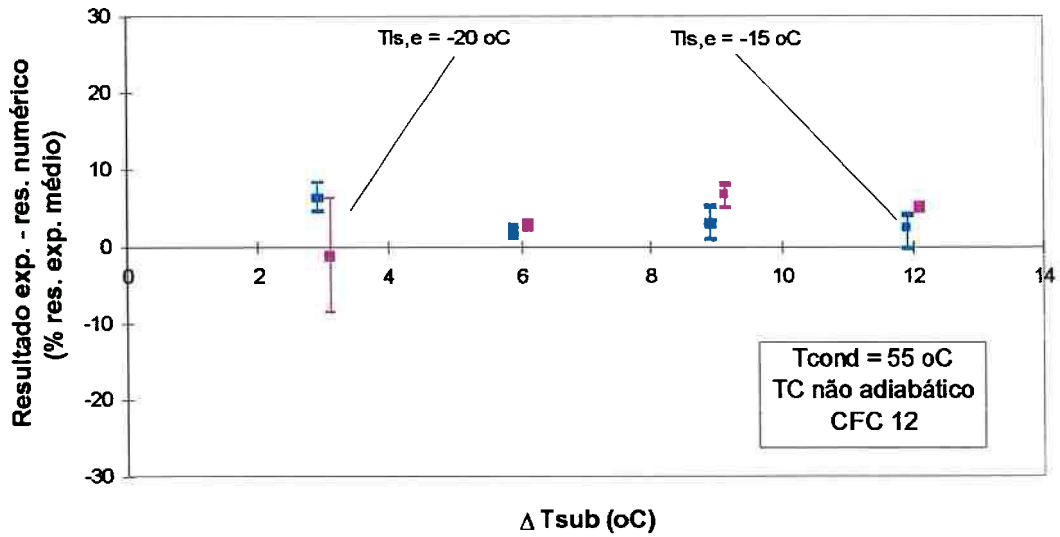


Figura 5.26. Desvio dos resultados numéricos em relação aos experimentais em função do subresfriamento.

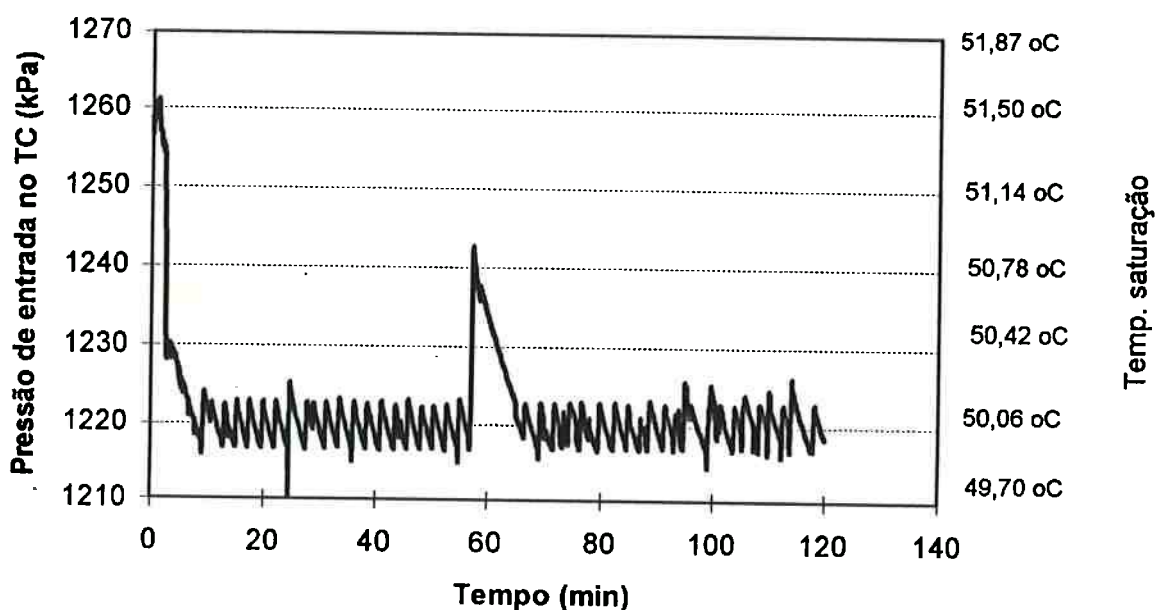


Figura 5.27. Variação ao longo do ensaio da pressão absoluta na entrada do tubo capilar. Ensaio com tubo capilar não adiabático, CFC 12, ensaio NAD092.

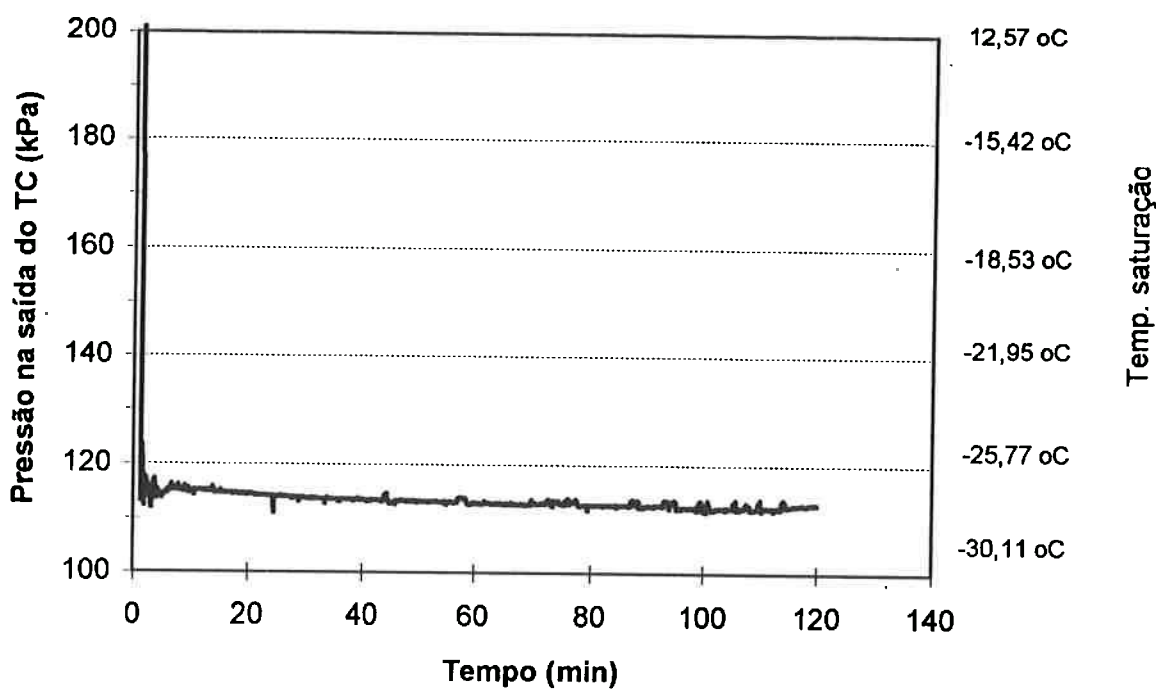


Figura 5.28. Variação ao longo do ensaio da pressão no reservatório de saída do tubo capilar. Ensaio com tubo capilar não adiabático, CFC 12, ensaio NAD092.

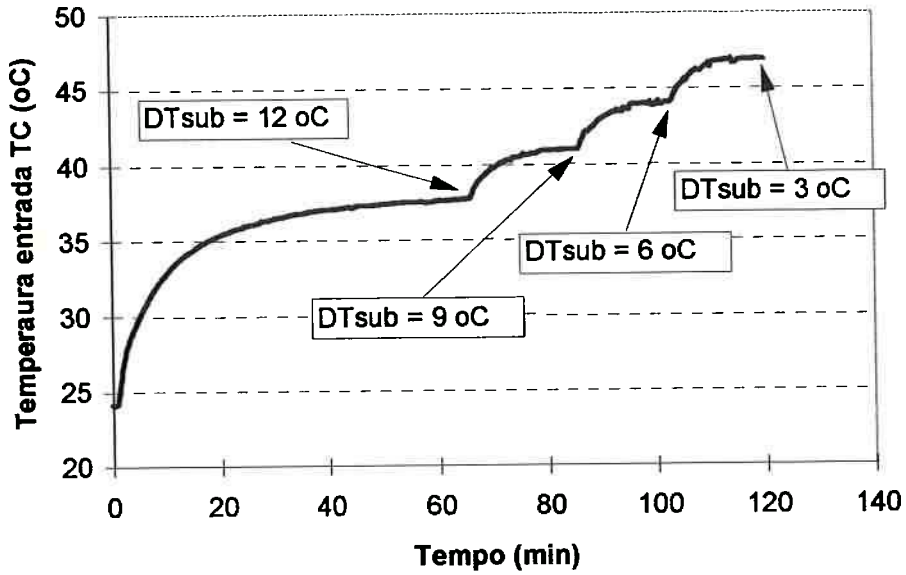


Figura 5.29. Variação ao longo do ensaio da temperatura na entrada do tubo capilar. Ensaio com tubo capilar não adiabático, CFC 12, ensaio NAD092.

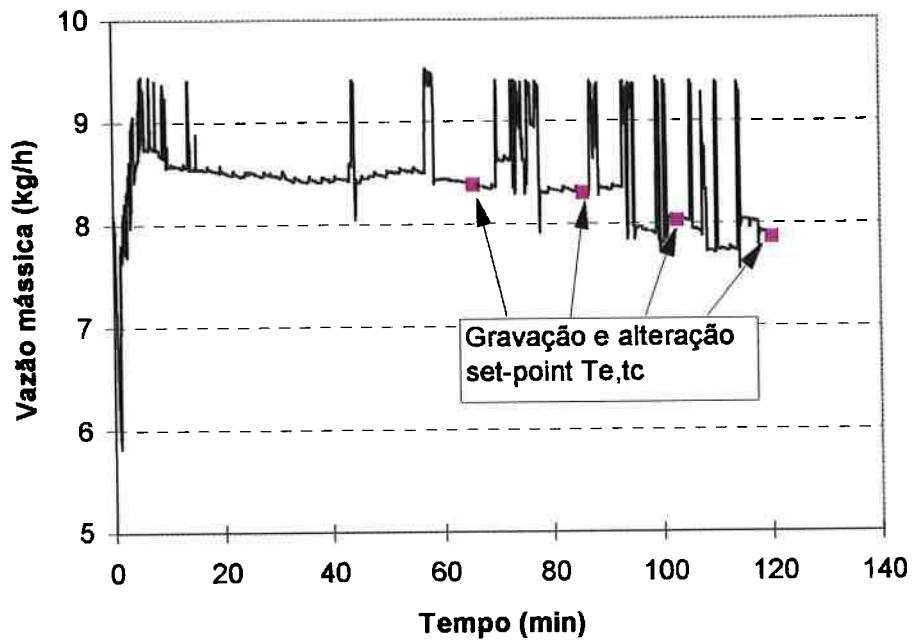


Figura 5.30. Variação ao longo do ensaio da vazão mássica através do tubo capilar. Ensaio com tubo capilar não adiabático, CFC 12, ensaio NAD092.

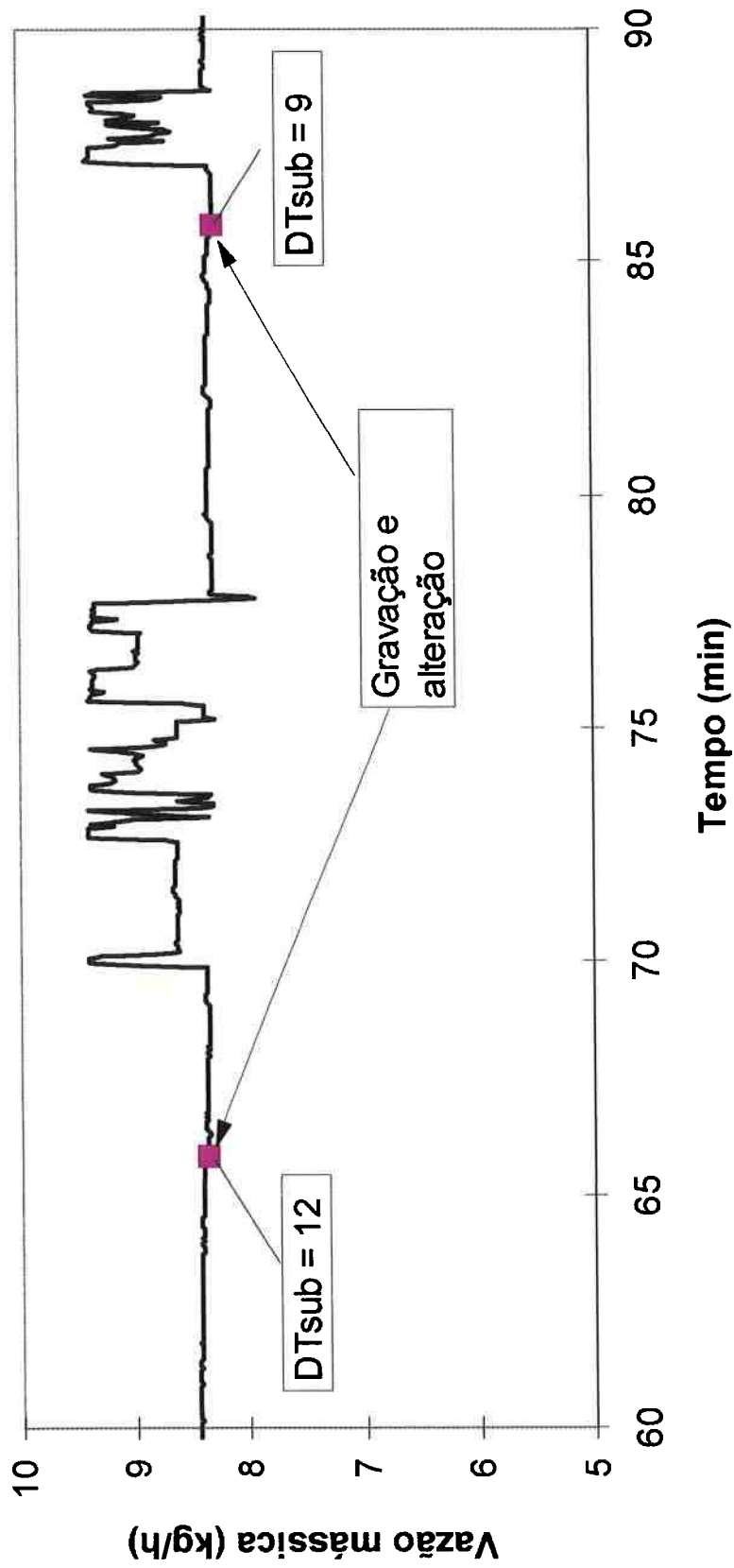


Figura 5.31. Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar adiabático, CFC 12, ensaio NAD092). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com 9 °C de subresfriamento.

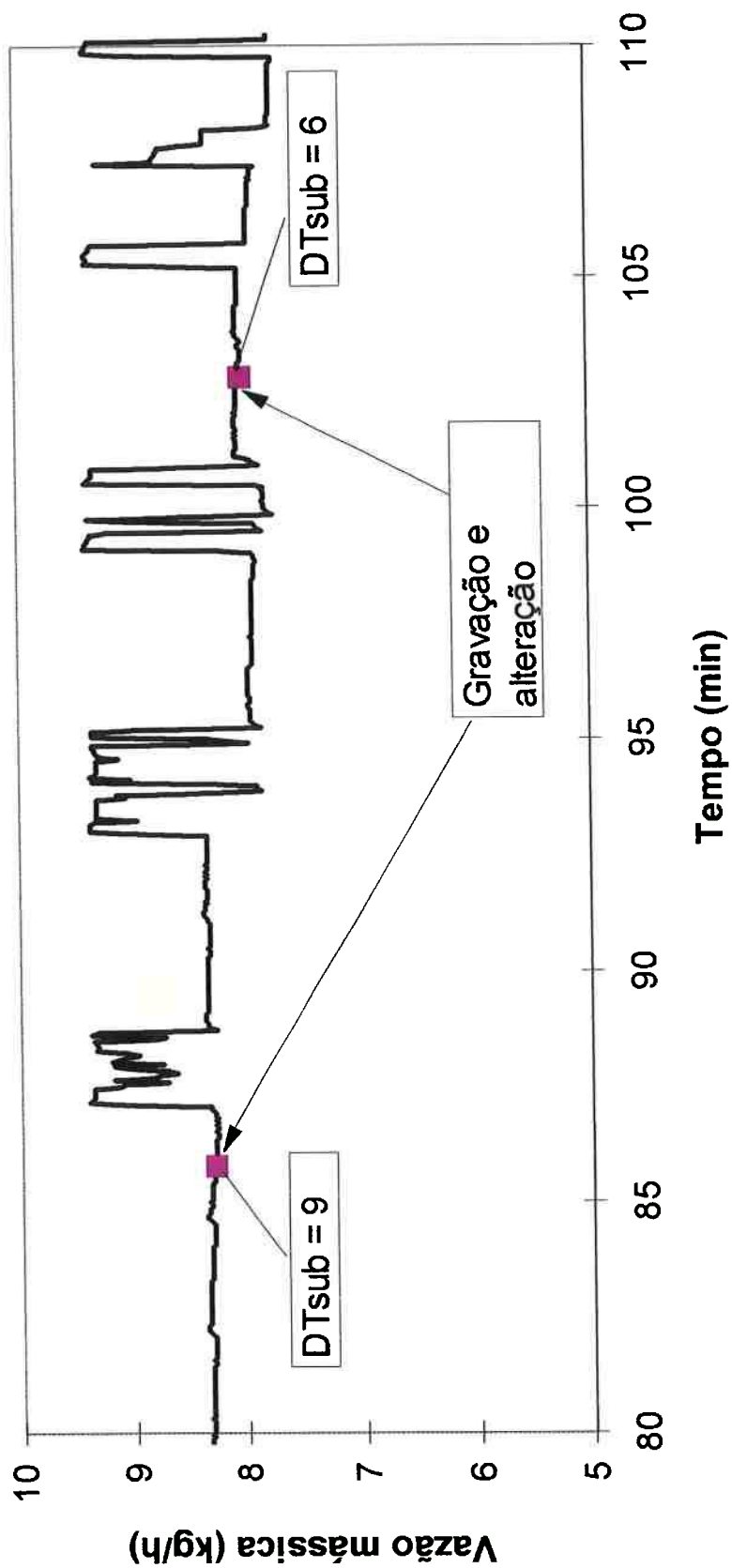


Figura 5.32. Gráfico ampliado da evolução da vazão da massa ao longo do ensaio (tubo capilar adiabático, CFC 12, ensaio NAD092). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com 6 °C de subresfriamento.

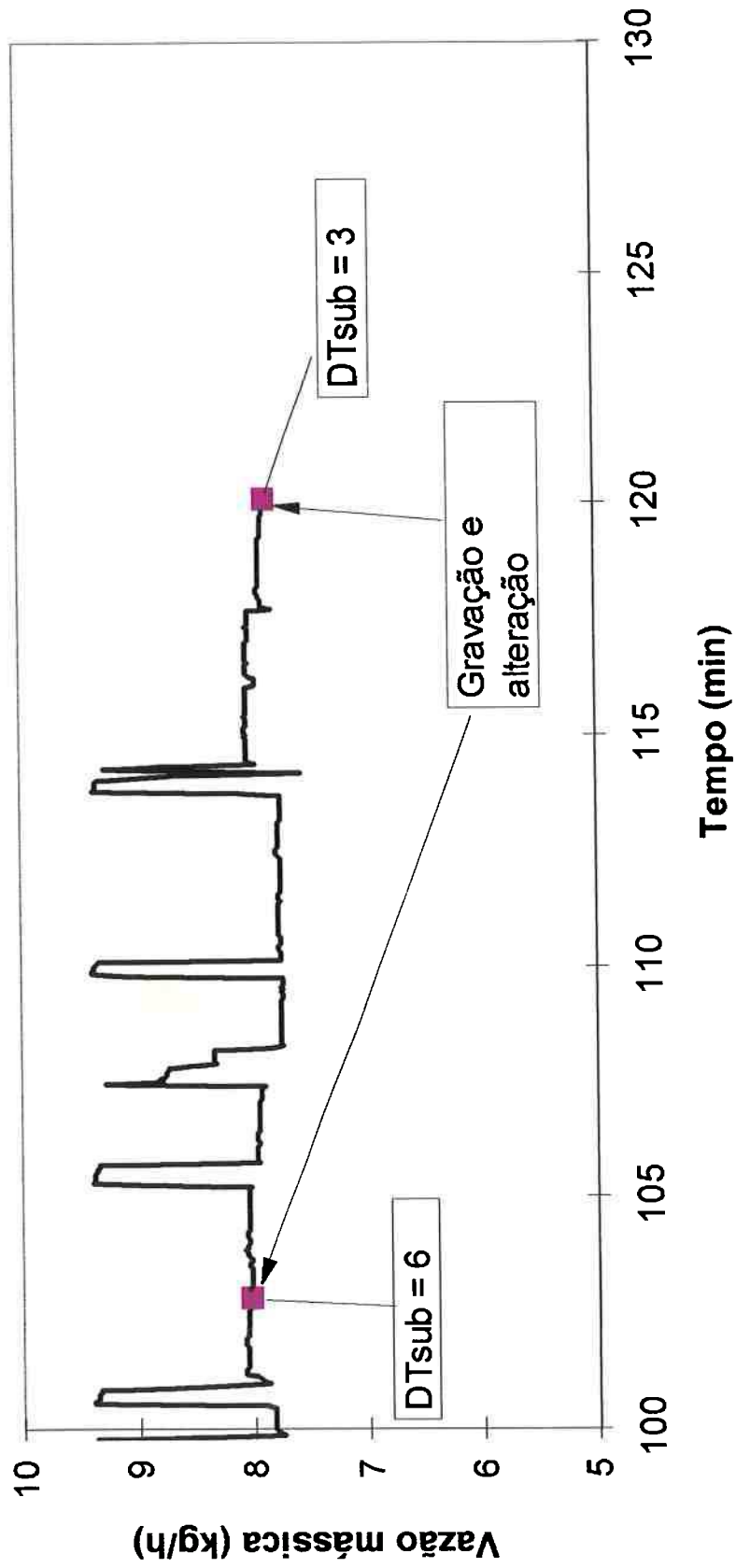


Figura 5.33. Gráfico ampliado da evolução da vazão da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar adiabático, CFC 12, ensaio NAD092). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com 3 °C de subresfriamento.

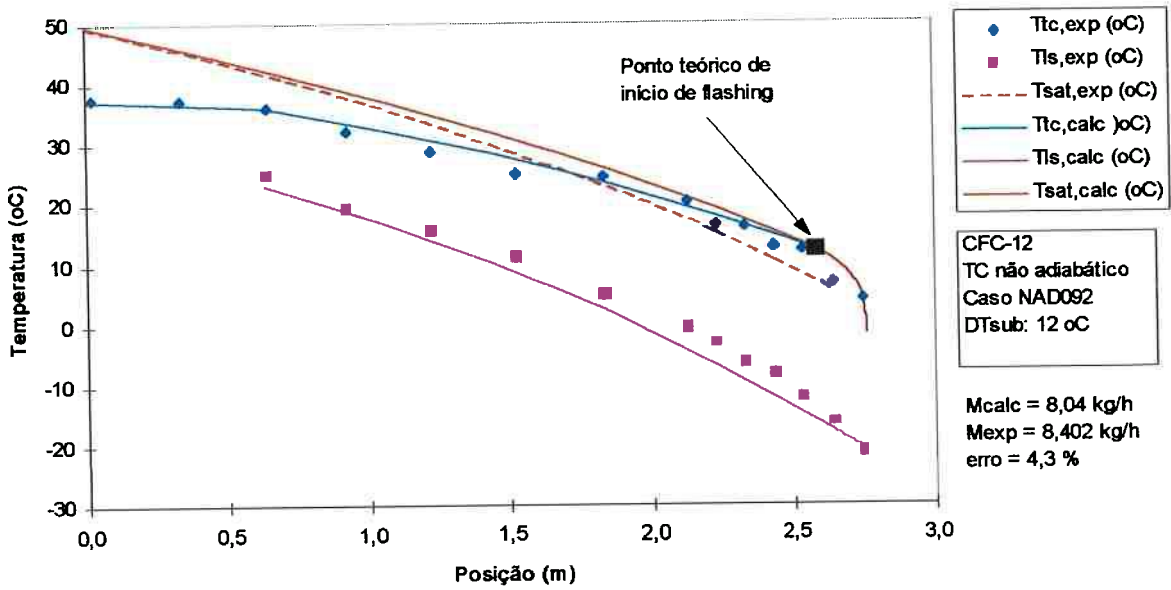


Figura 5.34. Perfis de temperatura medidos e calculados para o tubo capilar e a linha de sucção. Tubo capilar não adiabático, CFC 12, subresfriamento de 12 °C, $T_{cond} = 50$ °C, ensaio NAD092.

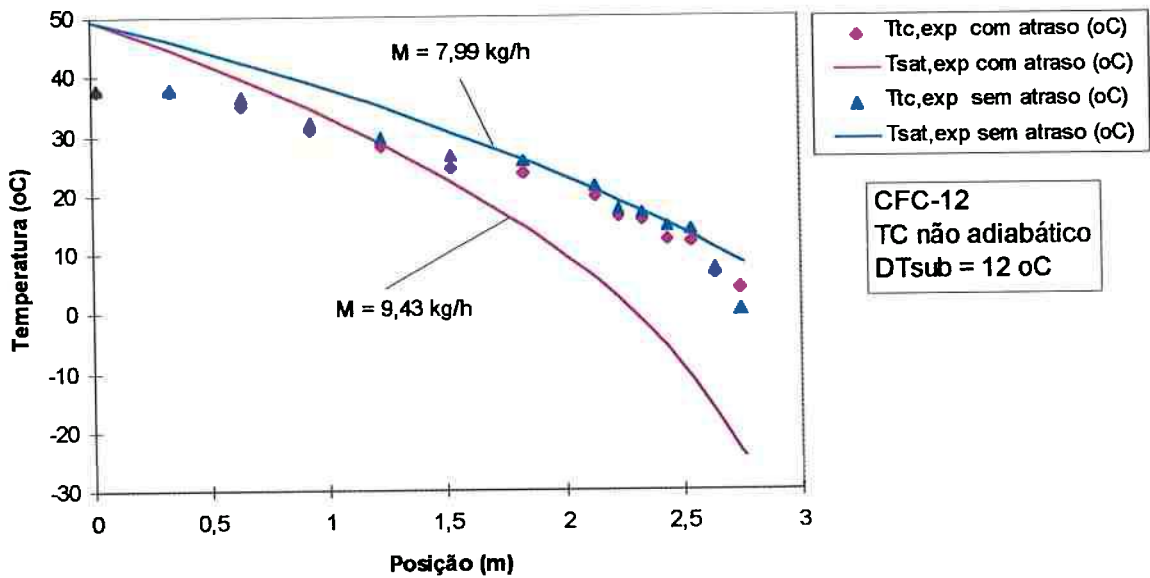


Figura 5.35. Perfis de temperatura medidas e de saturação do tubo capilar para duas condições de operação, uma com pequeno e outra com grande atraso de vaporização.

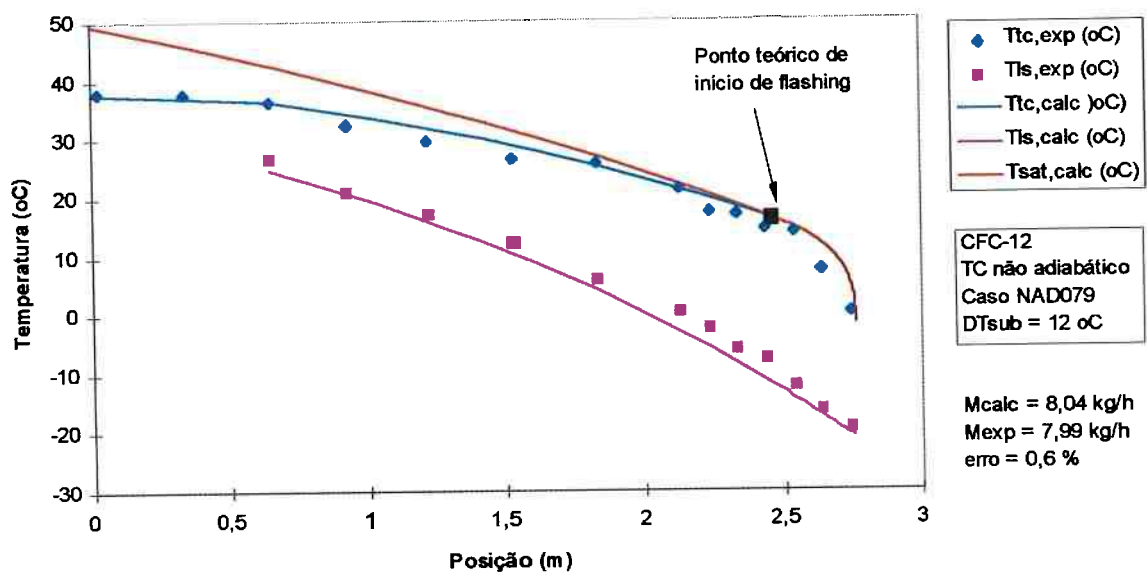


Figura 5.36. Perfis de temperatura medidos e calculados para o tubo capilar e a linha de sucção. Tubo capilar não adiabático, CFC 12, subresfriamento de 12 °C, $T_{\text{cond}} = 50$ °C, ensaio NAD079.

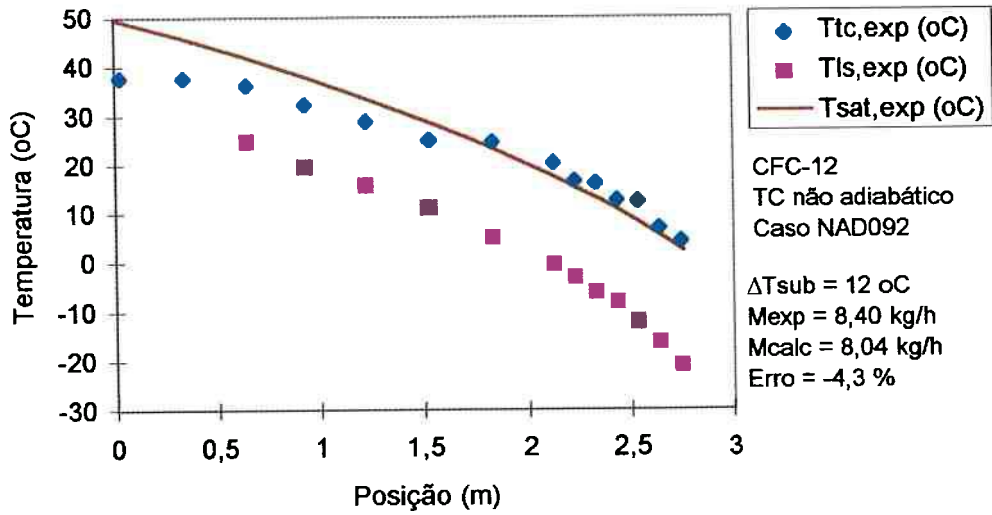


Figura 5.37. Perfis experimentais de temperatura obtidos no ensaio NAD092, para $\Delta T_{sub} = 12 \text{ }^\circ\text{C}$.

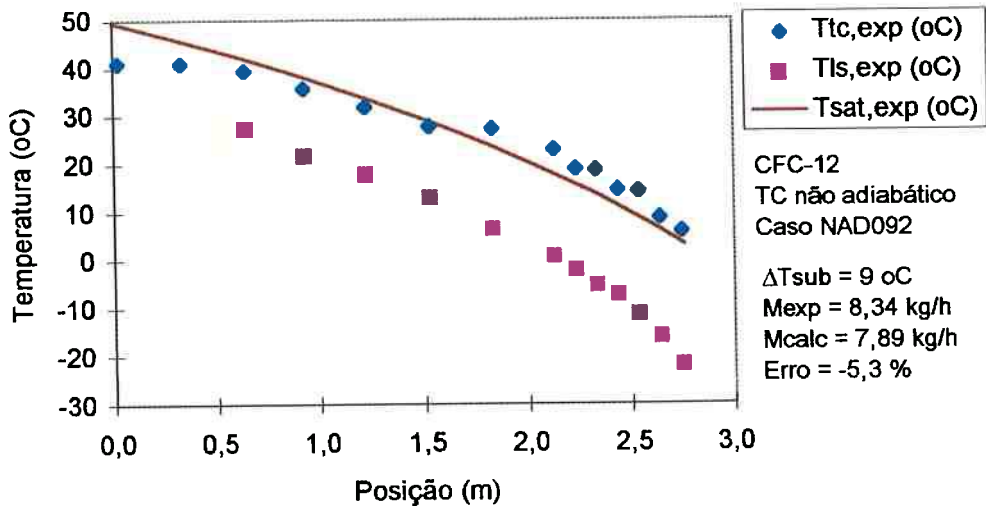


Figura 5.38. Perfis experimentais de temperatura obtidos no ensaio NAD092, para $\Delta T_{sub} = 9 \text{ }^\circ\text{C}$.

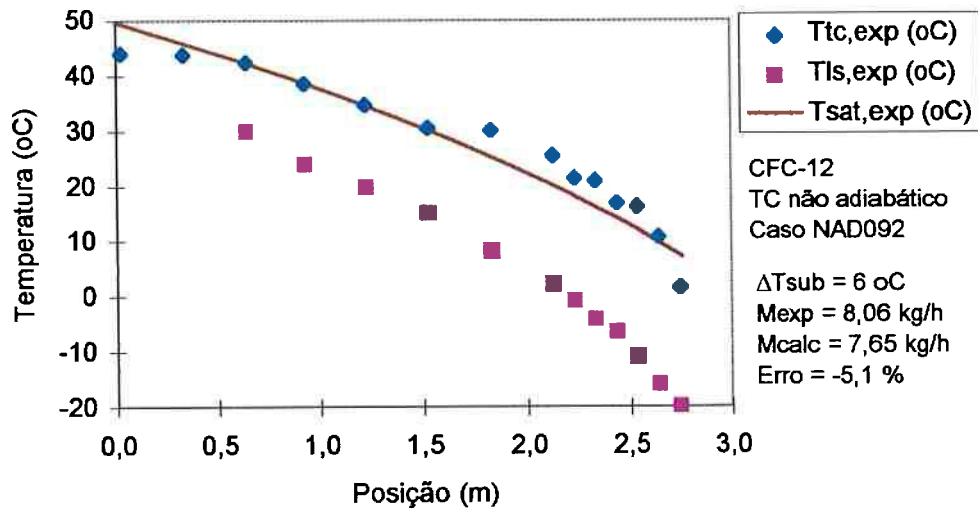


Figura 5.39. Perfis experimentais de temperatura obtidos no ensaio NAD092, para $\Delta T_{sub} = 6 \text{ }^\circ\text{C}$.

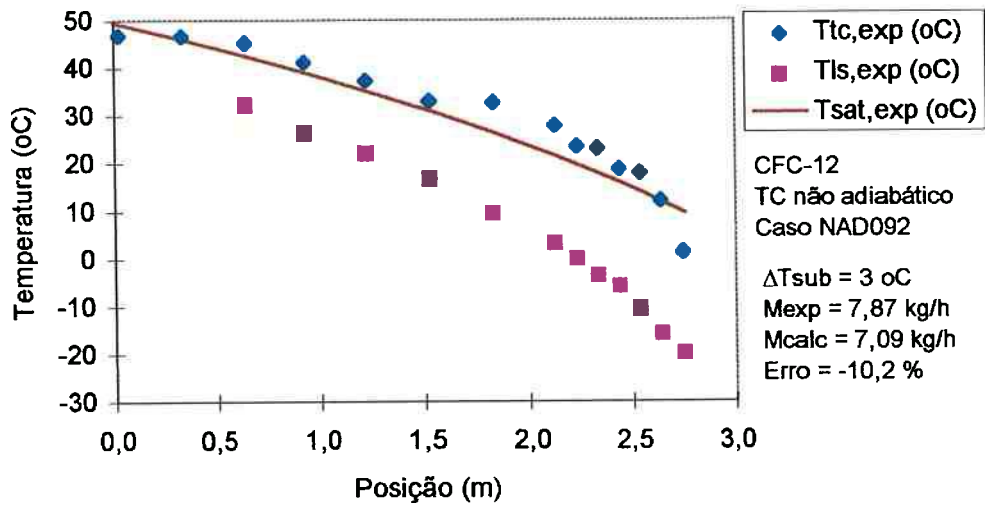


Figura 5.40. Perfis experimentais de temperatura obtidos no ensaio NAD092, para $\Delta T_{sub} = 3 \text{ }^\circ\text{C}$.

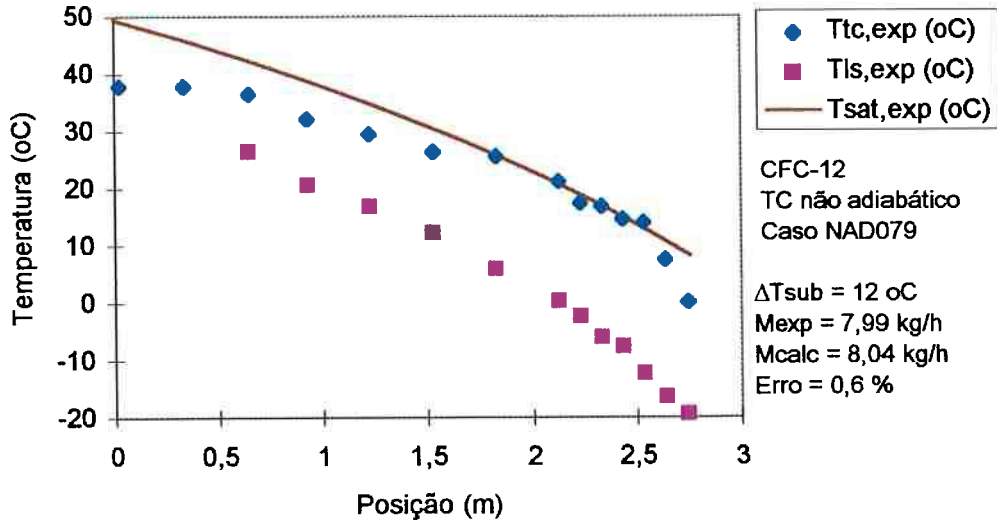


Figura 5.41. Perfis experimentais de temperatura obtidos no ensaio NAD079, para $\Delta T_{sub} = 12 \text{ } ^\circ\text{C}$.

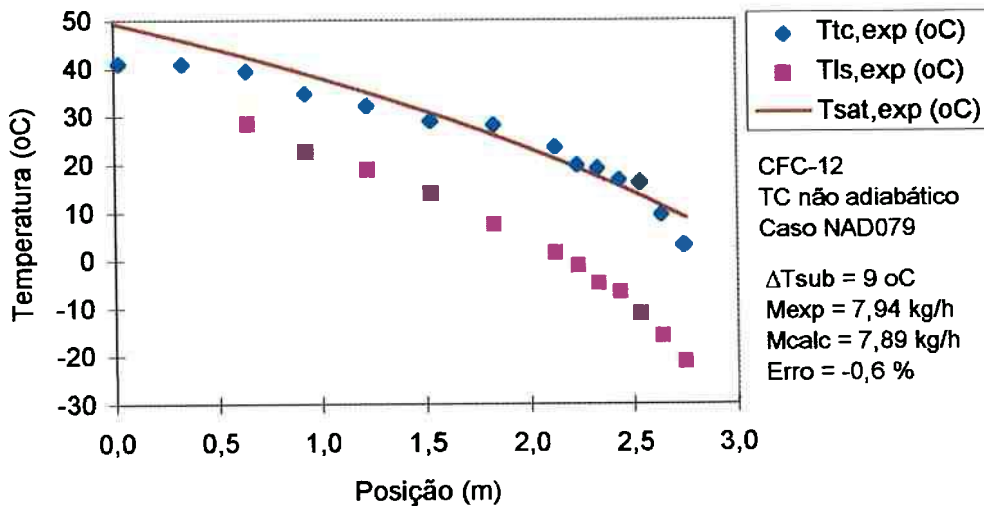


Figura 5.42. Perfis experimentais de temperatura obtidos no ensaio NAD079, para $\Delta T_{sub} = 9 \text{ } ^\circ\text{C}$.

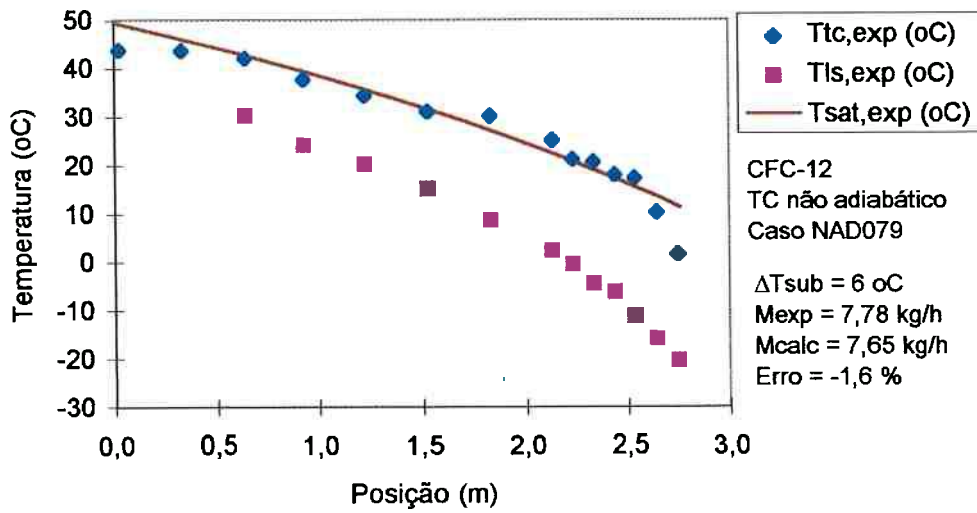


Figura 5.43. Perfis experimentais de temperatura obtidos no ensaio NAD079, para $\Delta T_{sub} = 6 \text{ }^\circ\text{C}$.

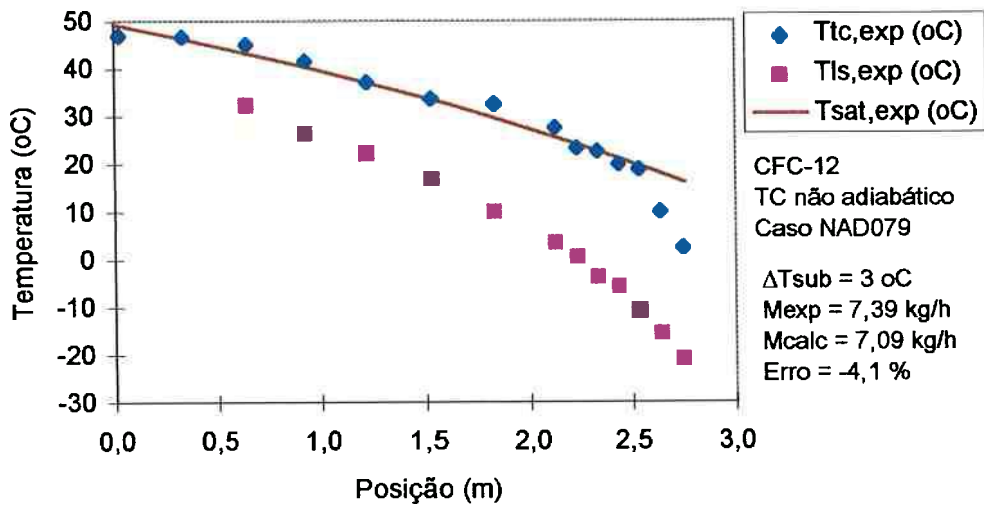


Figura 5.44. Perfis experimentais de temperatura obtidos no ensaio NAD079, para $\Delta T_{sub} = 3 \text{ }^\circ\text{C}$.

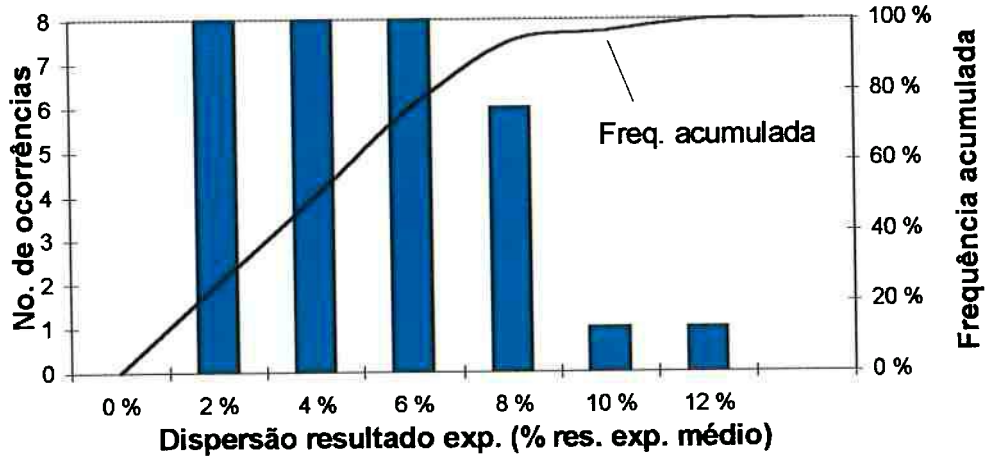


Figura 5.45. Histograma e frequência acumulada da dispersão dos resultados experimentais para cada condição operacional, para HFC 134a, tubo capilar não adiabático.

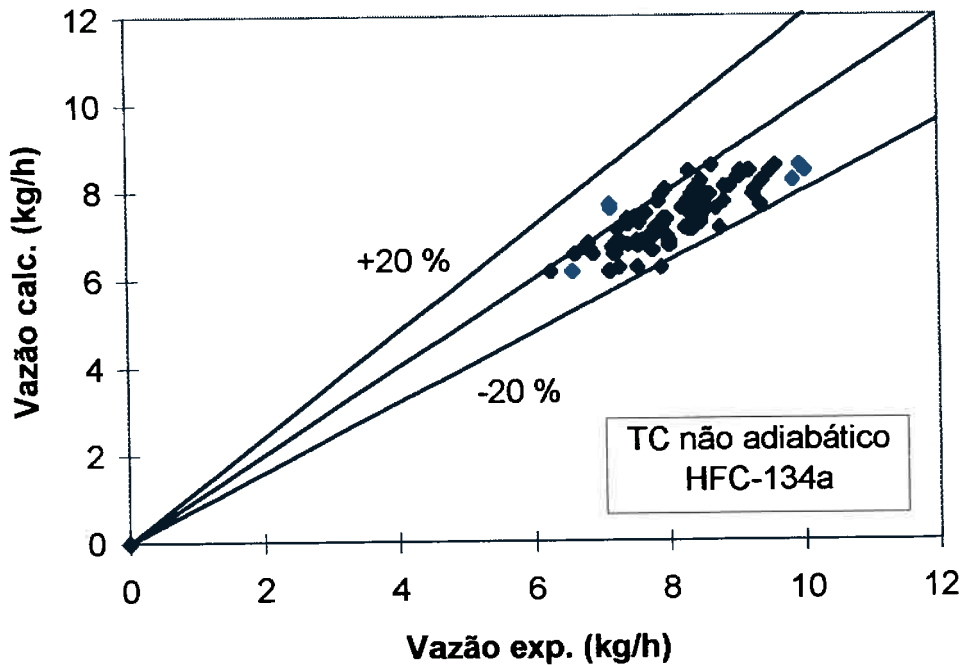


Figura 5.46. Comparação gráfica entre resultados numéricos e experimentais, tubo capilar não adiabático, HFC 134a.

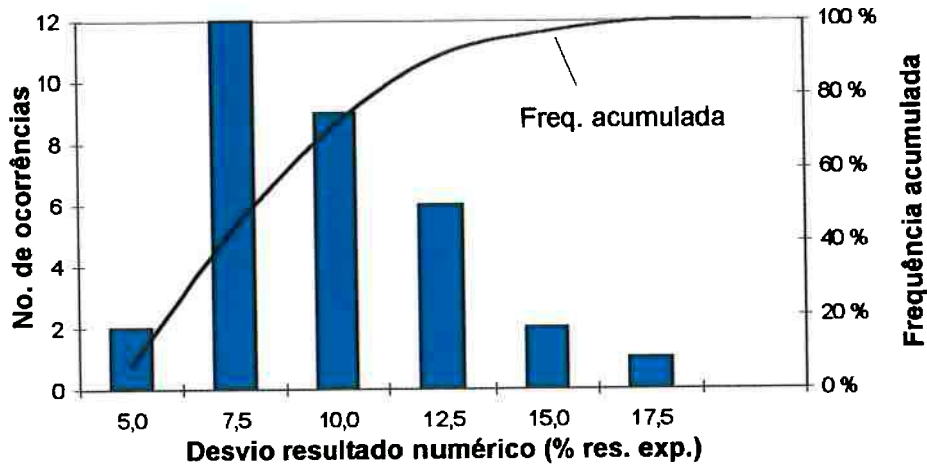


Figura 5.47. Histograma e frequência acumulada do desvio dos resultados numéricos, considerando a média dos resultados experimentais para cada condição operacional para o caso de HFC 134a, tubo capilar não adiabático.

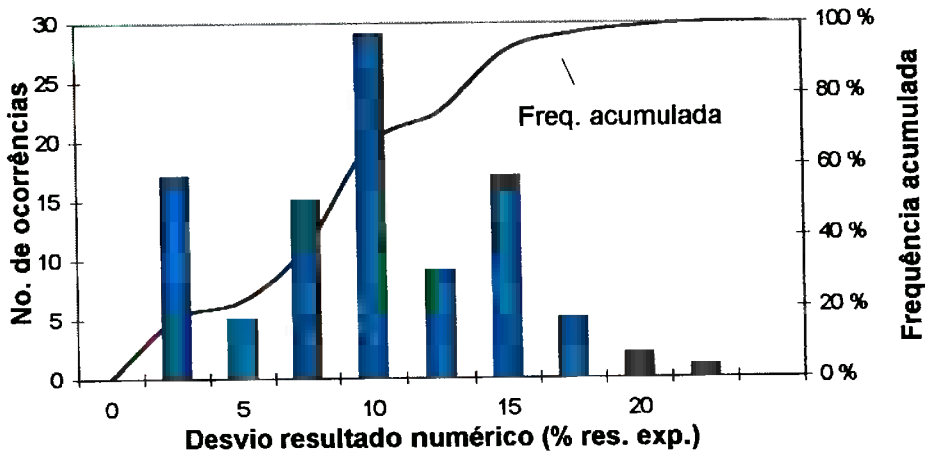


Figura 5.48. Histograma e frequência acumulada do desvio dos resultados numéricos, considerando a totalidade dos resultados experimentais, para HFC 134a, tubo capilar não adiabático.

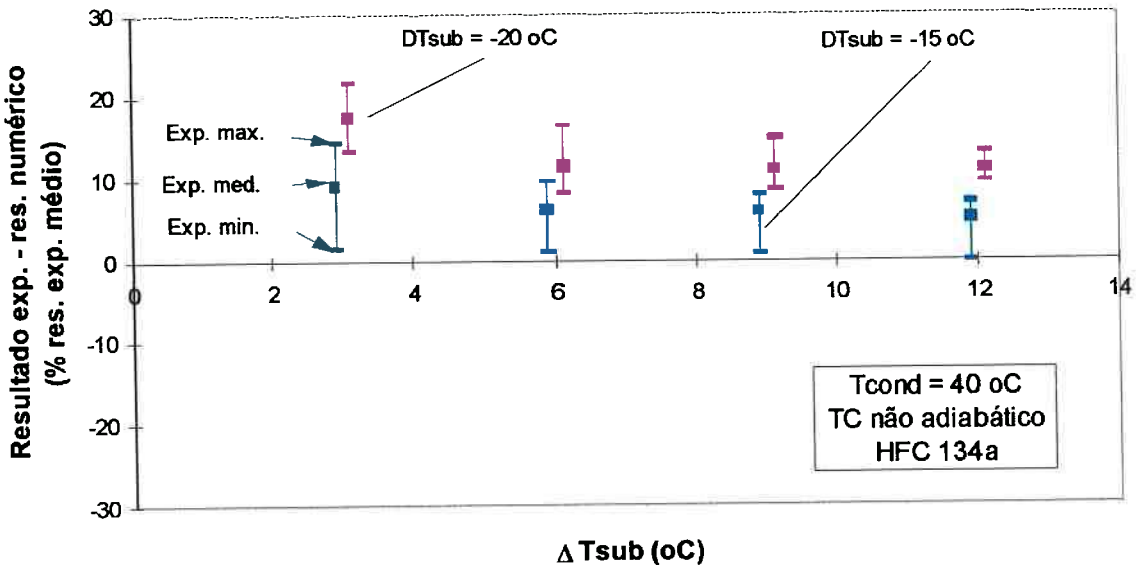


Figura 5.49. Diferença percentual de vazão entre resultados experimentais e numéricos em função de ΔT_{sub} para HFC 134a, tubo capilar não adiabático, $T_{cond} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$.

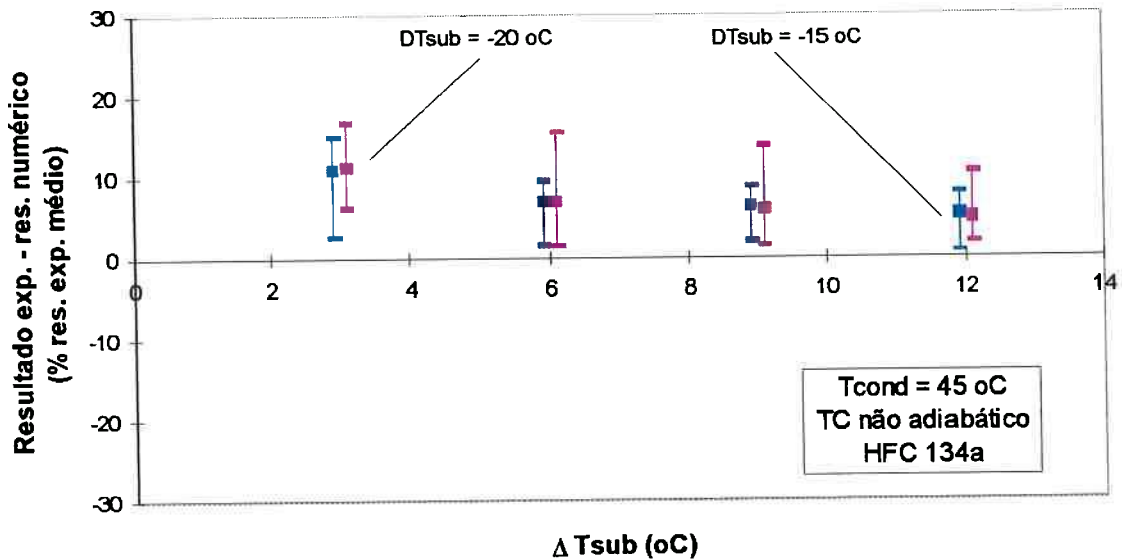


Figura 5.50. Diferença percentual de vazão entre resultados experimentais e numéricos em função de ΔT_{sub} para HFC 134a, tubo capilar não adiabático, $T_{cond} = 45 \text{ }^\circ\text{C}$.

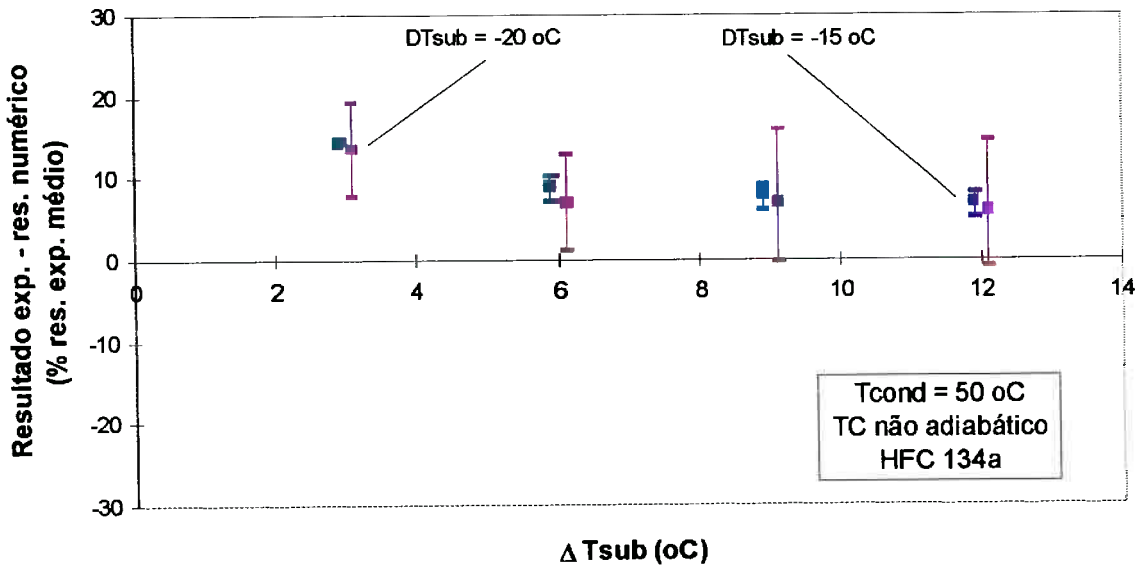


Figura 5.51. Diferença percentual de vazão entre resultados experimentais e numéricos em função de ΔT_{sub} para HFC 134a, tubo capilar não adiabático, Tcond = 50 °C.

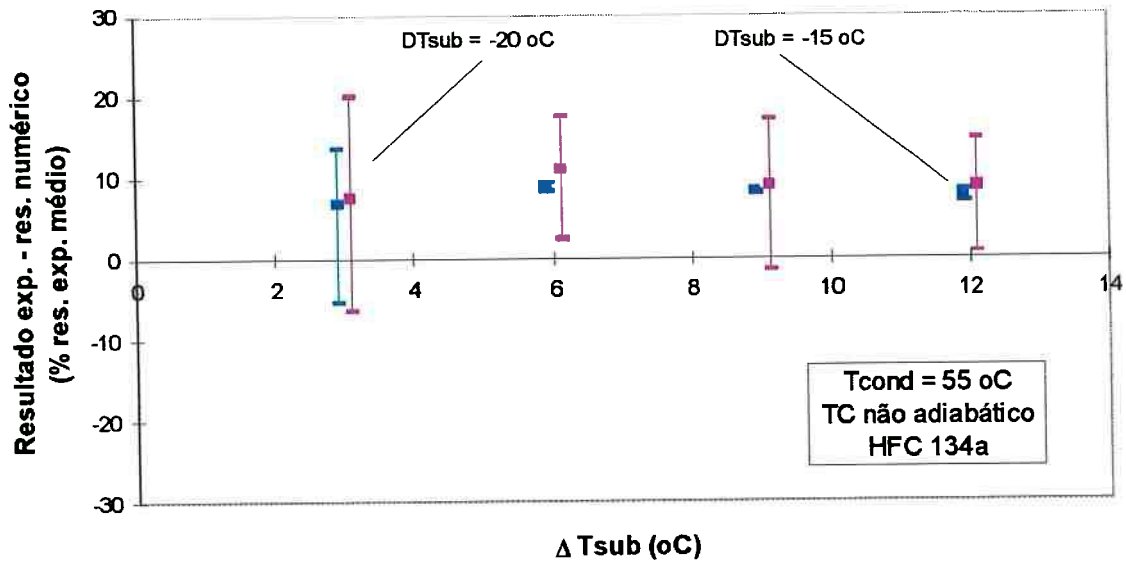


Figura 5.52. Diferença percentual de vazão entre resultados experimentais e numéricos em função de ΔT_{sub} para HFC 134a, tubo capilar não adiabático, Tcond = 55 °C.

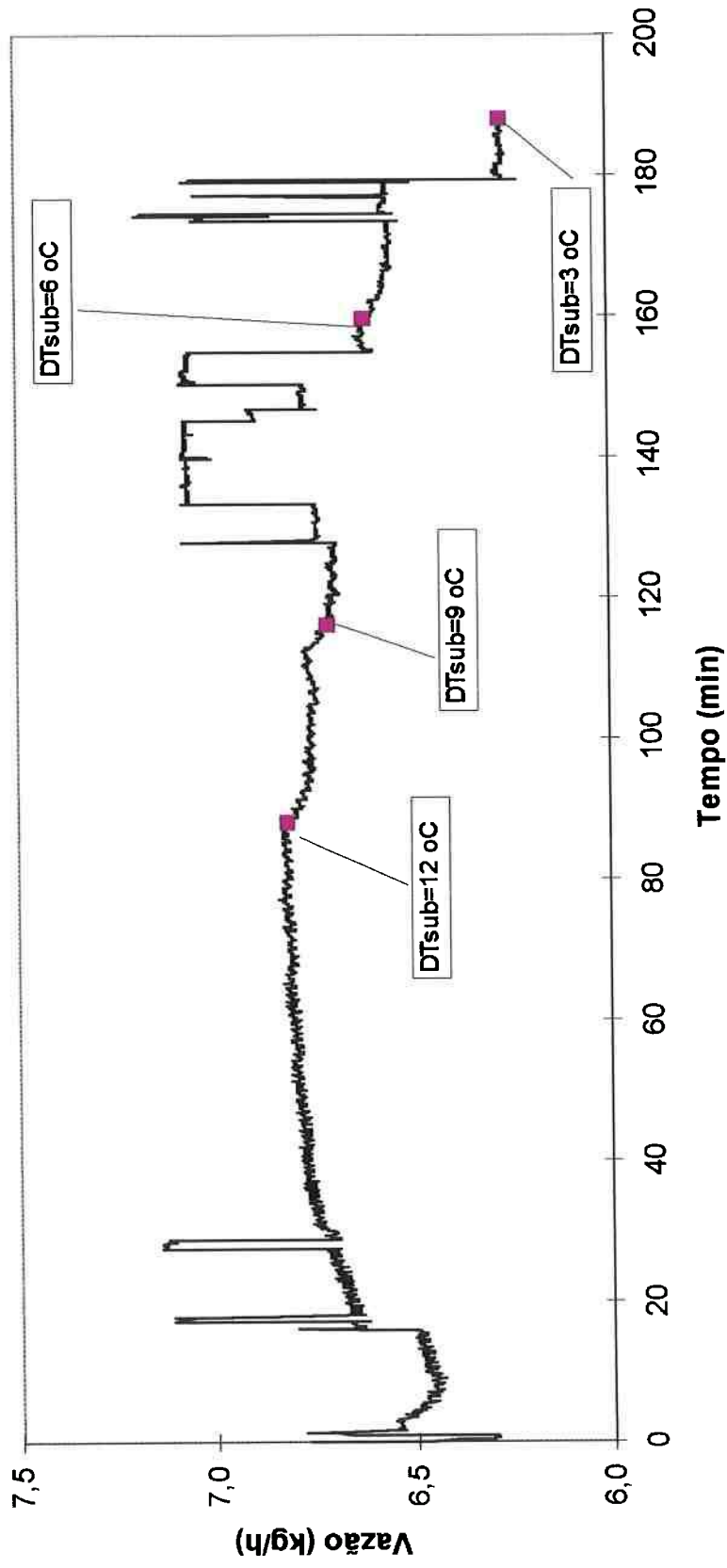


Figura 5.53. Gráfico da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC-134a, ensaio NAD140).

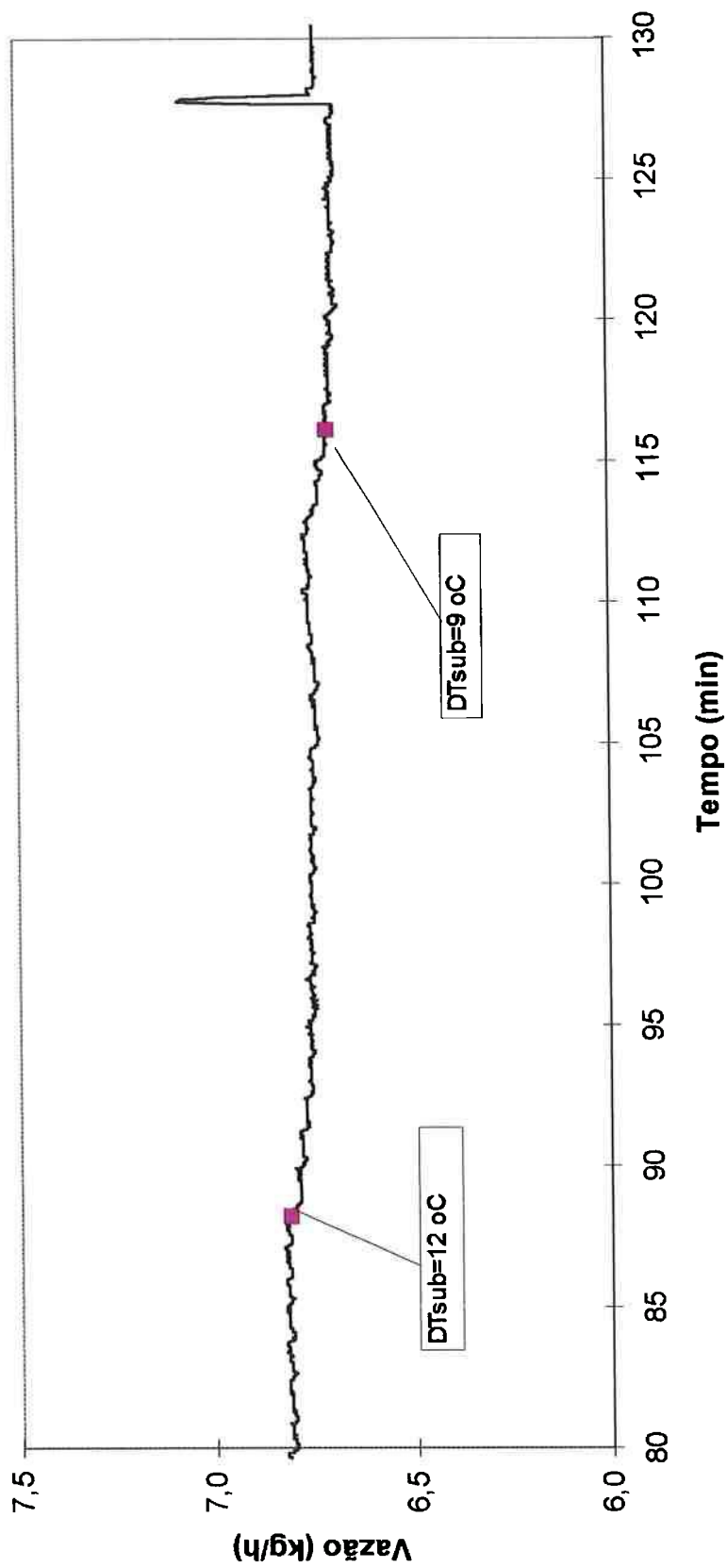


Figura 5.54. Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC-134a, ensaio NAD140). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com 9 °C de subresfriamento.

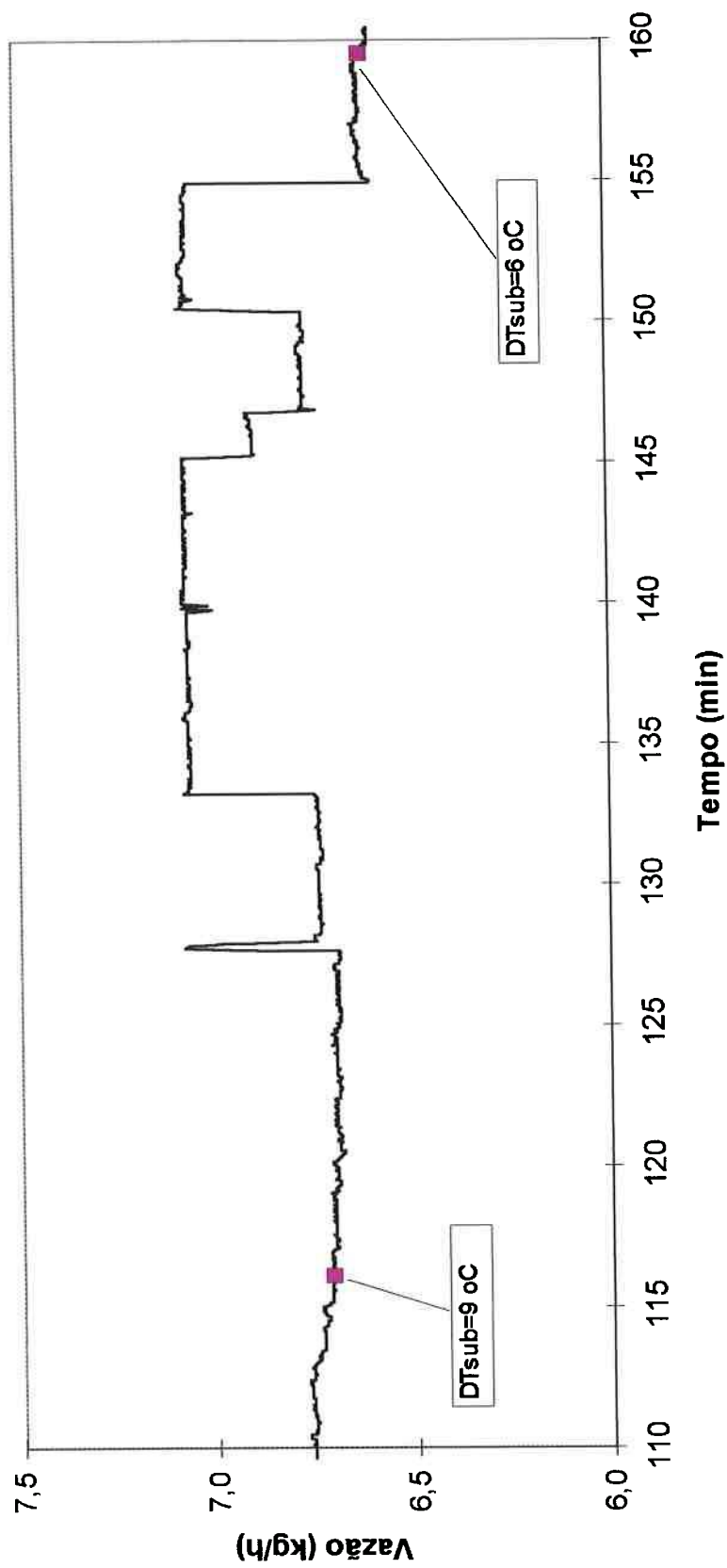


Figura 5.55. Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC-134a, ensaio NAD140). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com 6 °C de subresfriamento.

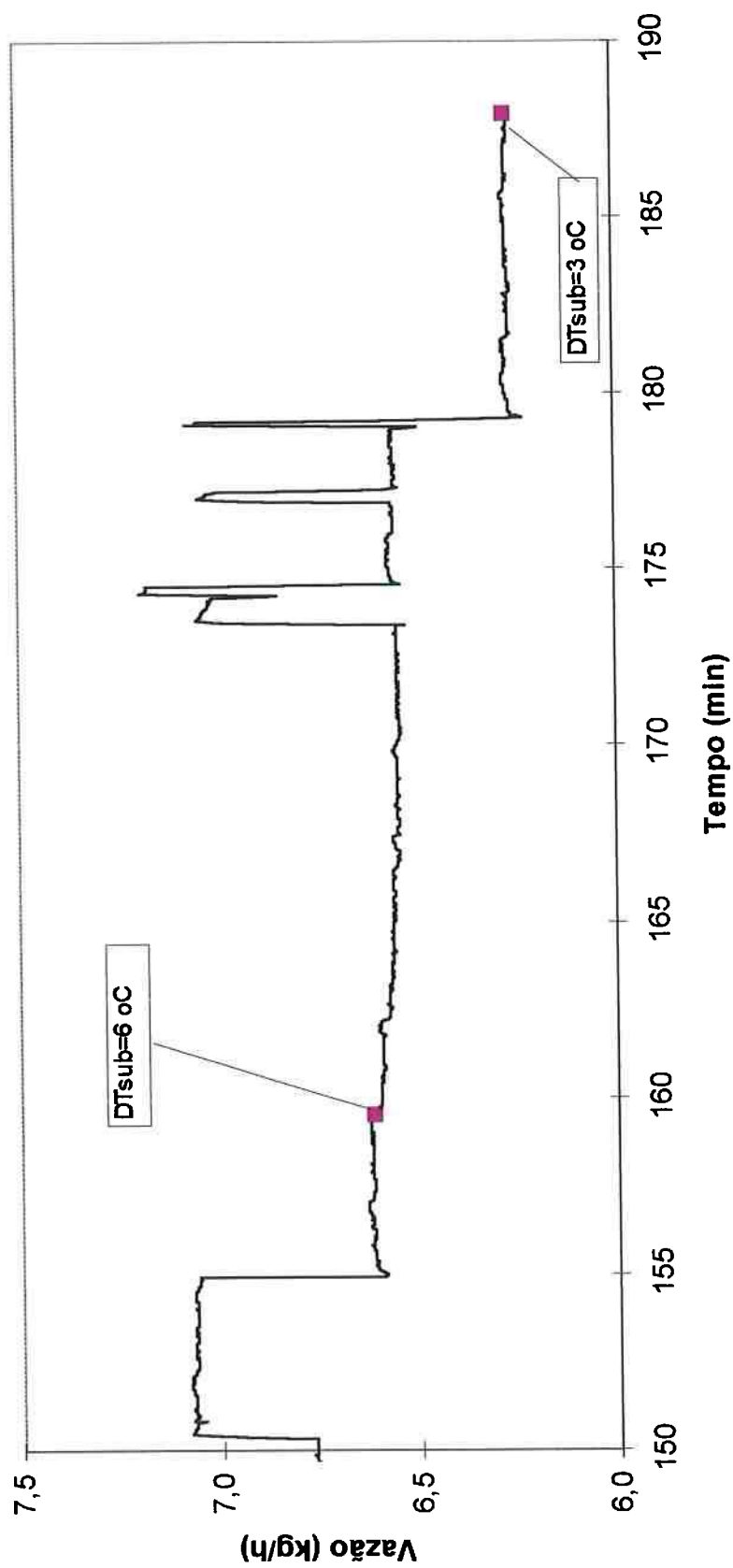


Figura 5.56. Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC-134a, ensaio NAD140). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com 3 °C de subresfriamento.

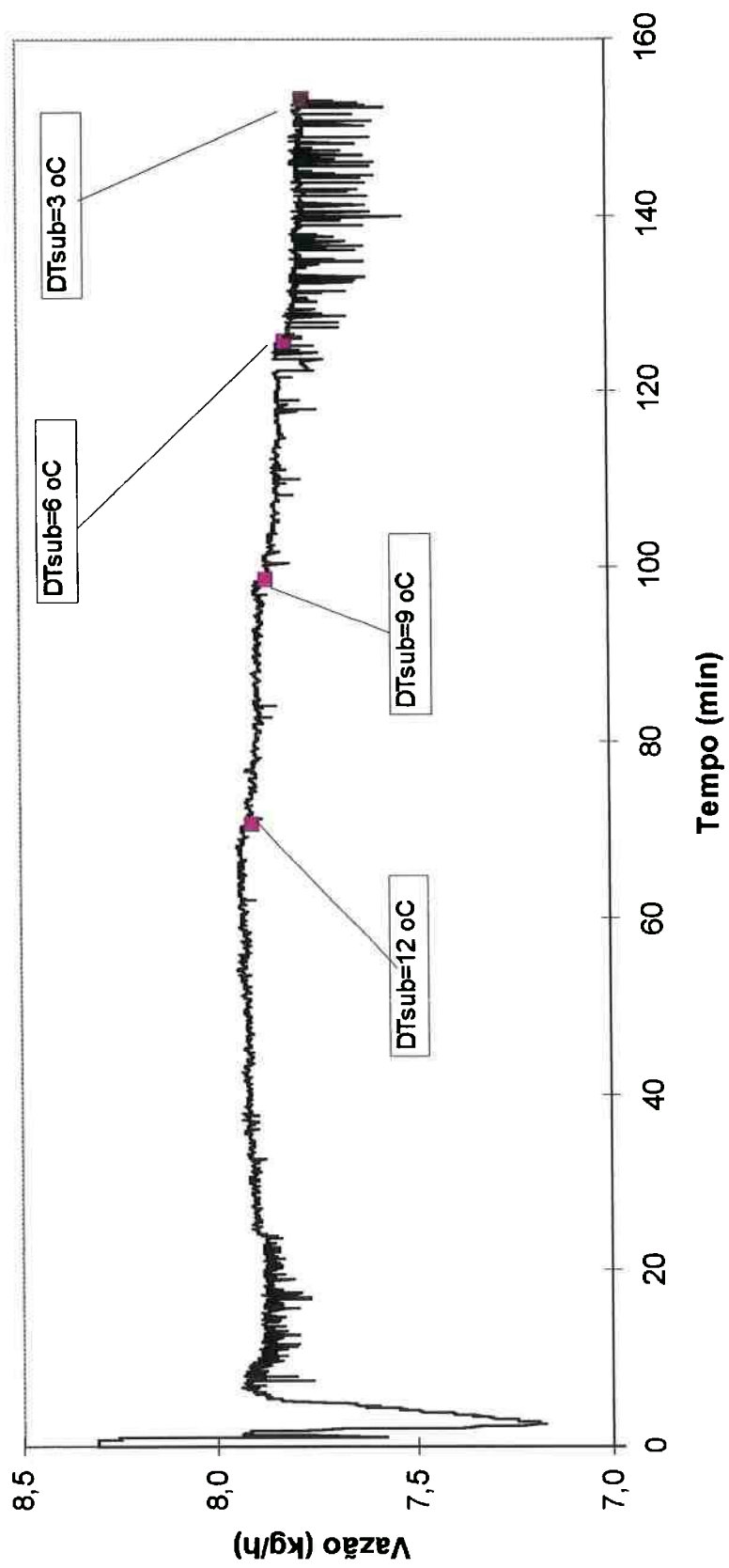


Figura 5.57. Gráfico da evolução da vazão ao longo do tempo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC-134a, ensaio NAD155).

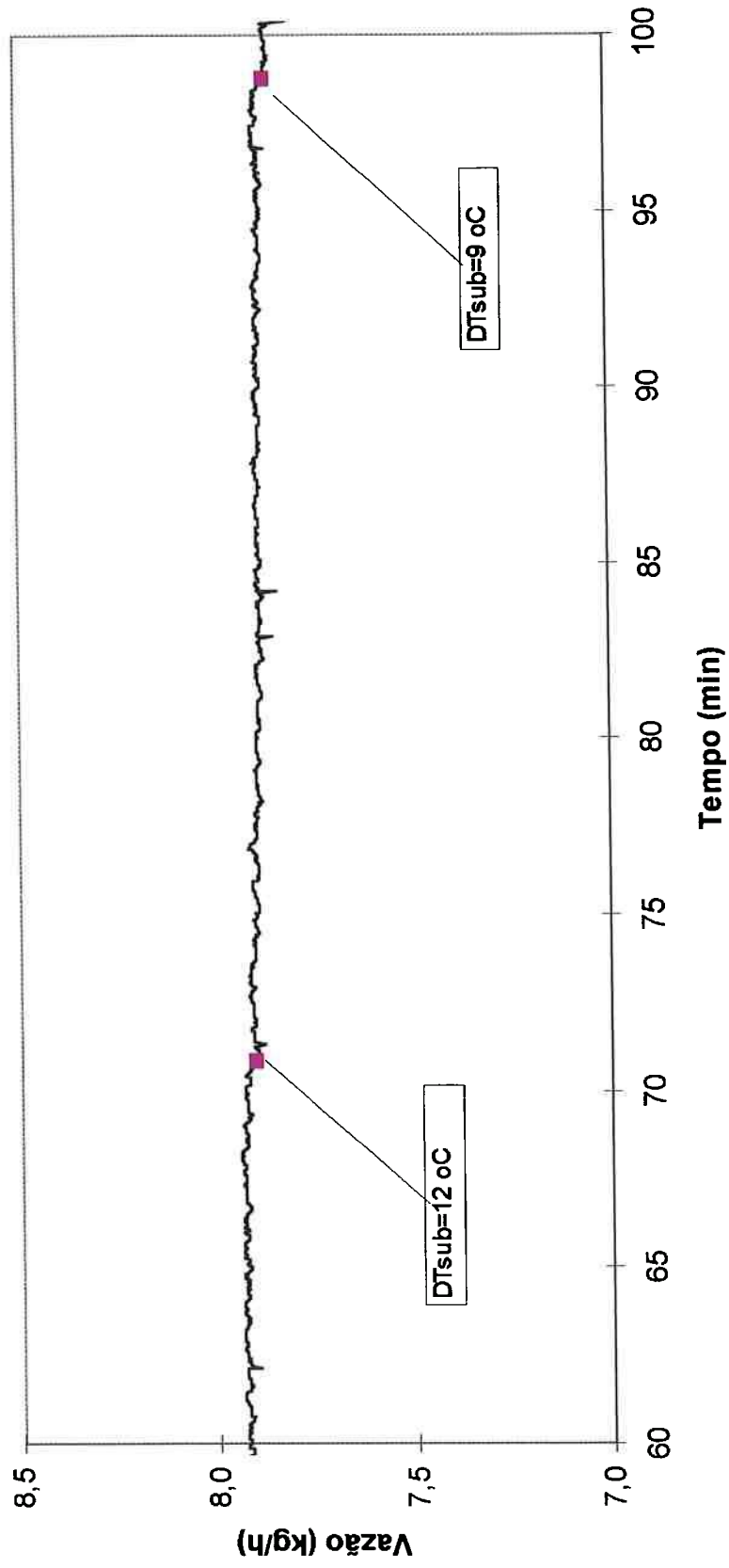


Figura 5.58. Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC-134a, ensaio NAD155). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com 9 °C de subresfriamento.

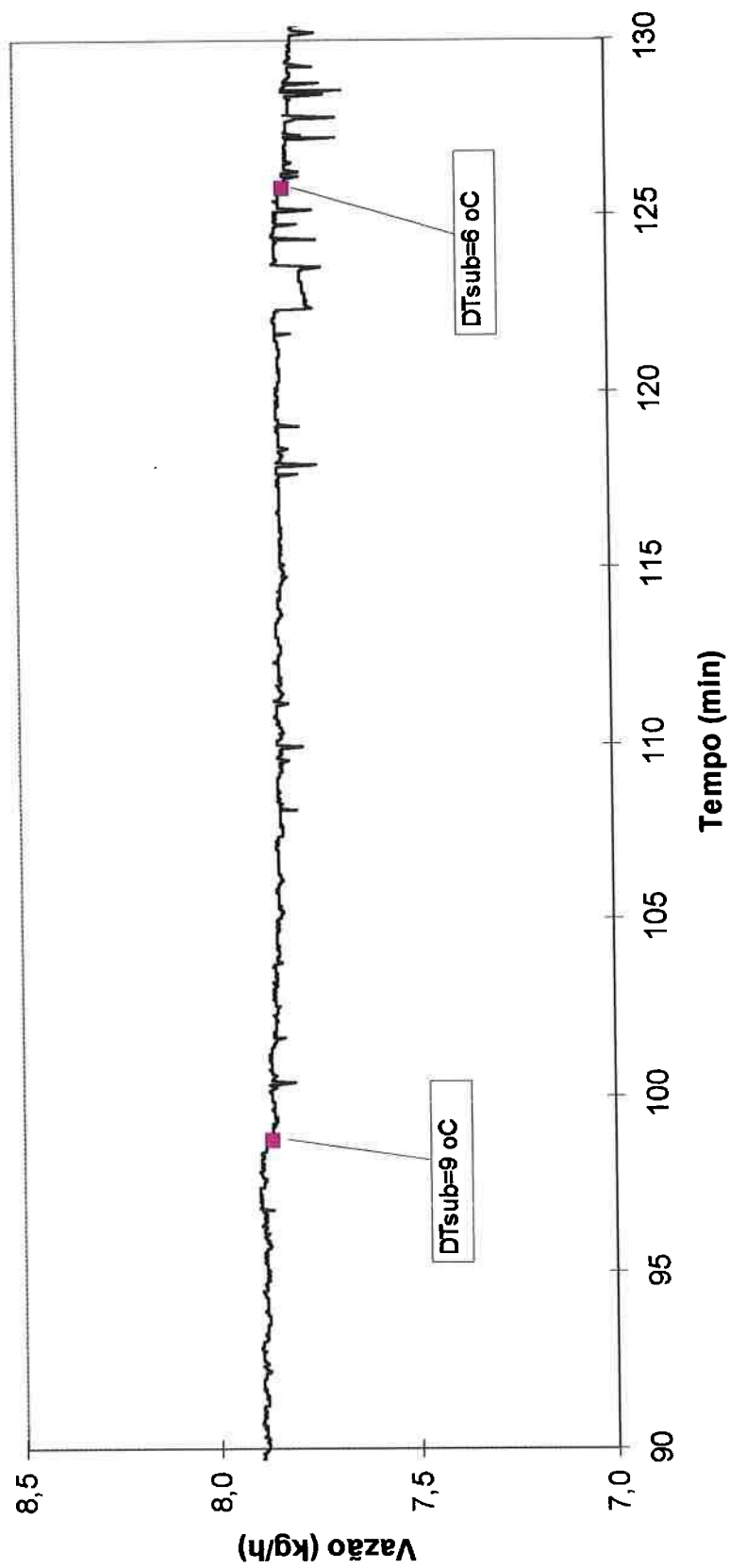


Figura 5.59. Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC-134a, ensaio NAD155). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com 6 °C de subresfriamento.

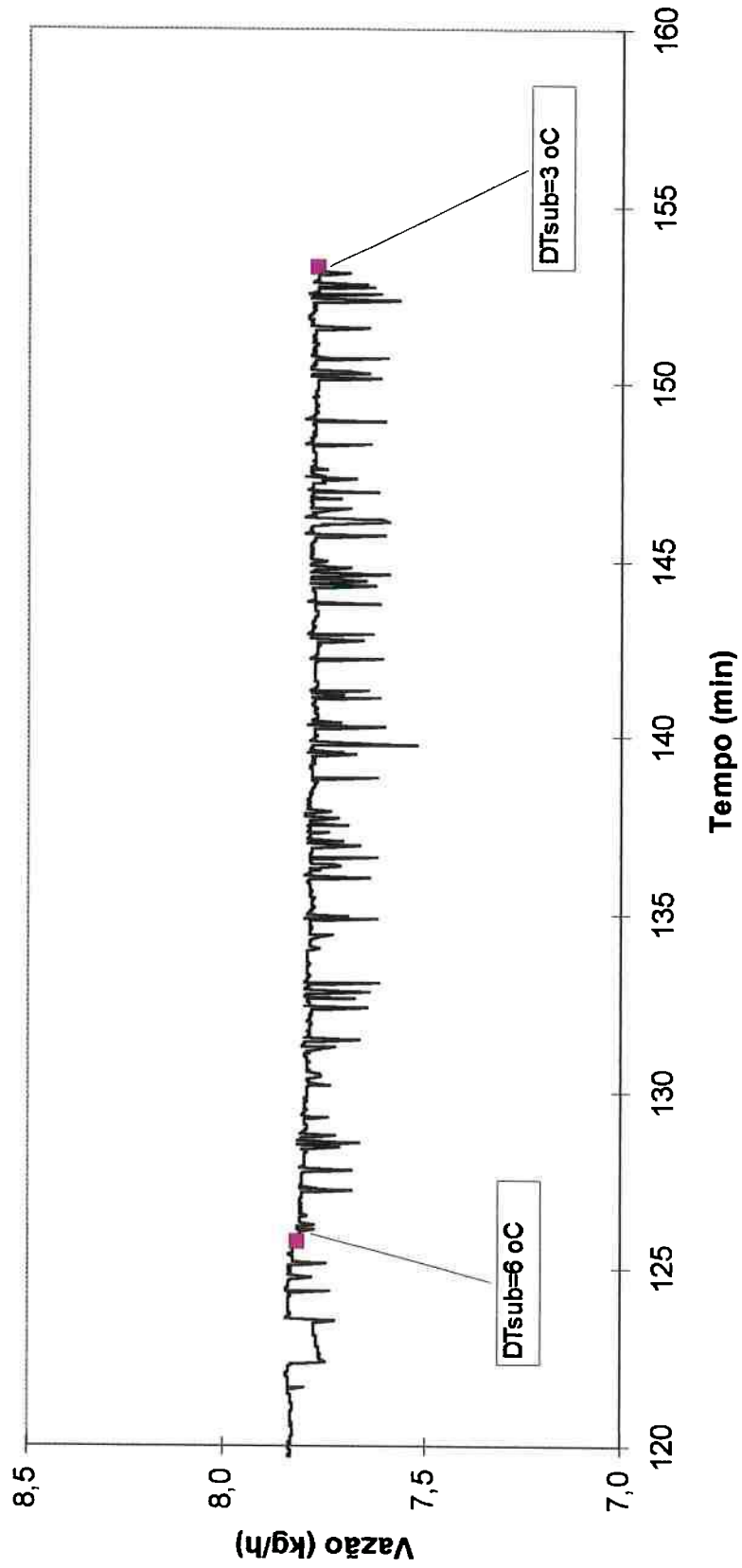


Figura 5.60. Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC-134a, ensaio NAD155). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com 3 °C de subresfriamento.

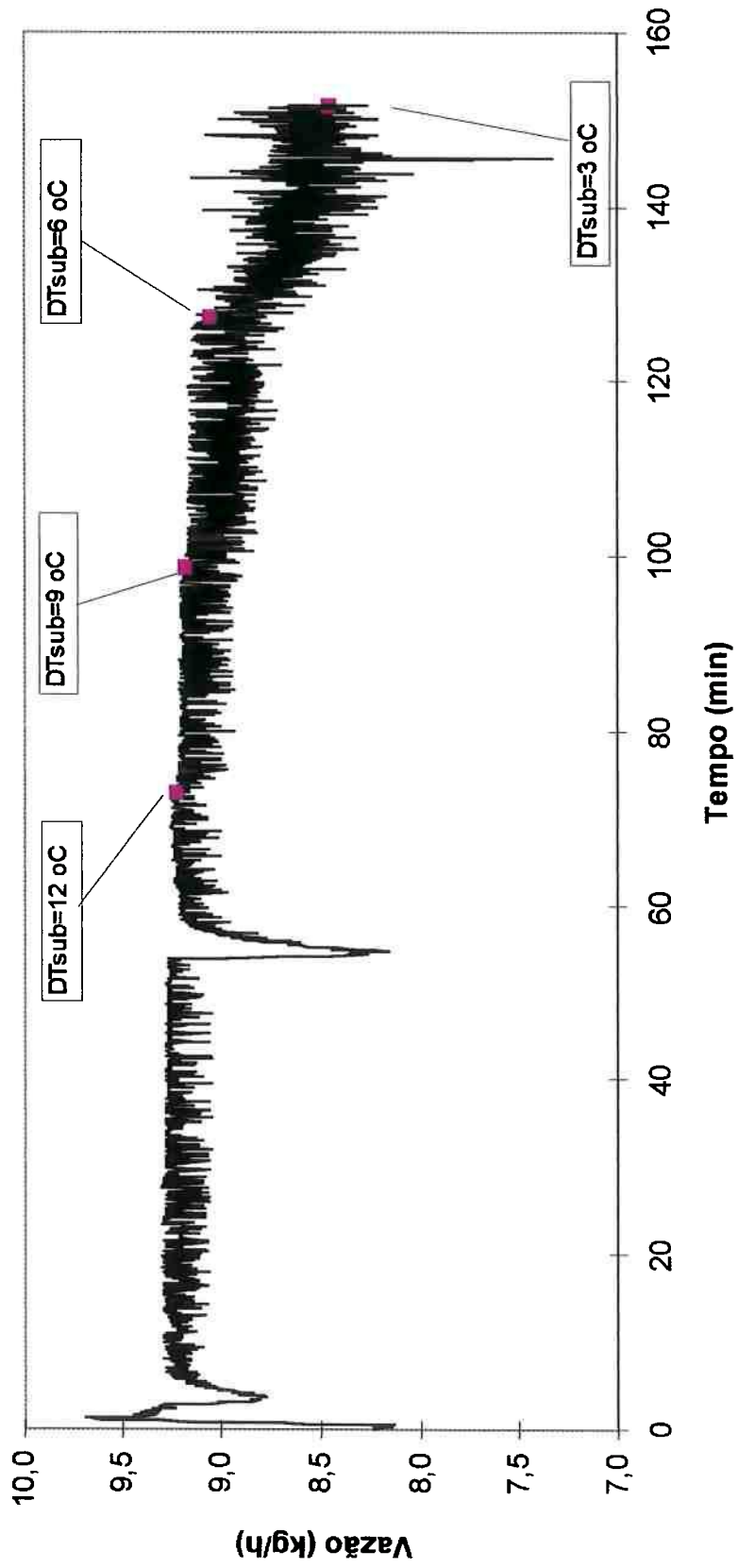


Figura 5.61. Gráfico da evolução da vazão da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC-134a, ensaio NAD159).

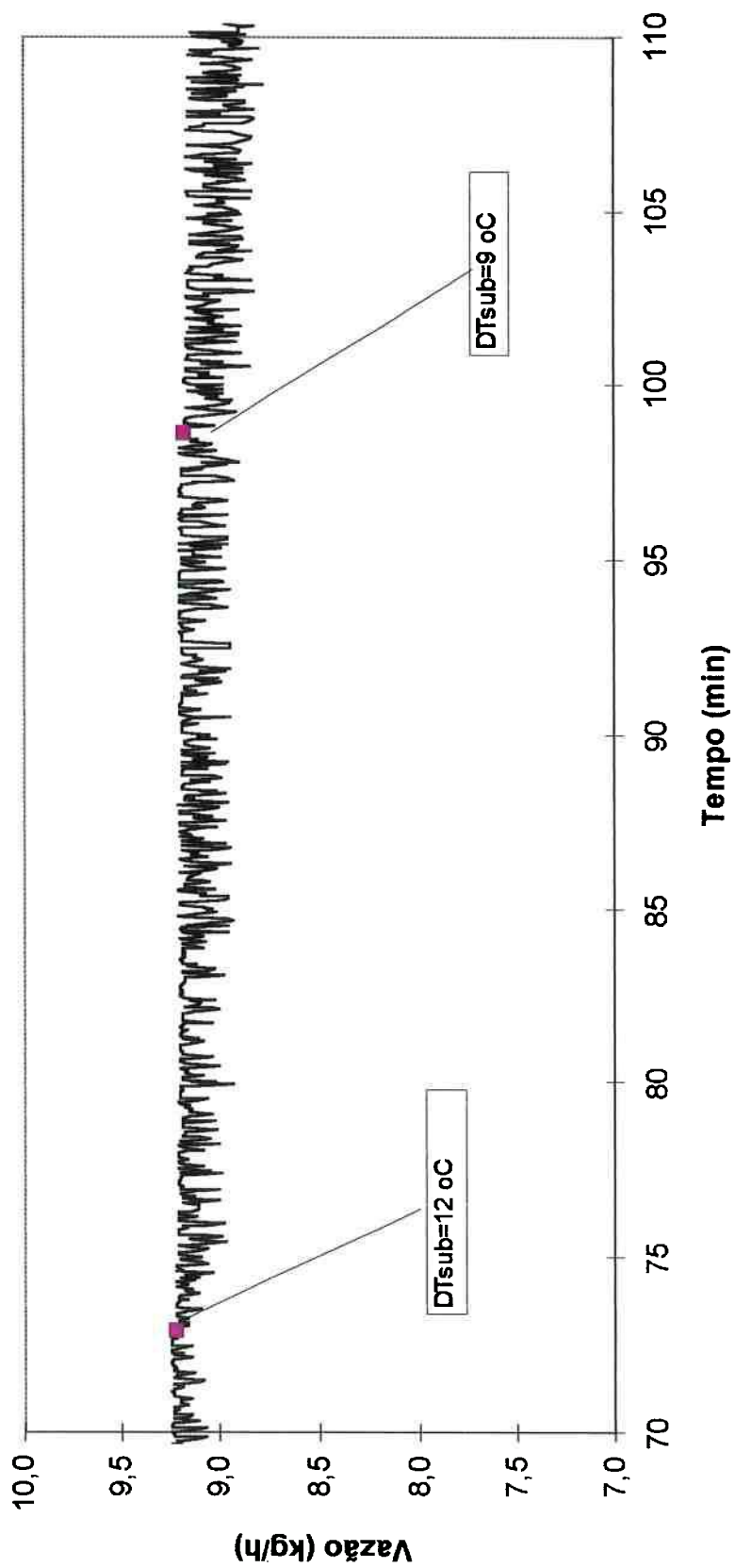


Figura 5.62. Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC-134a, ensaio NAD159). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ de subresfriamento.

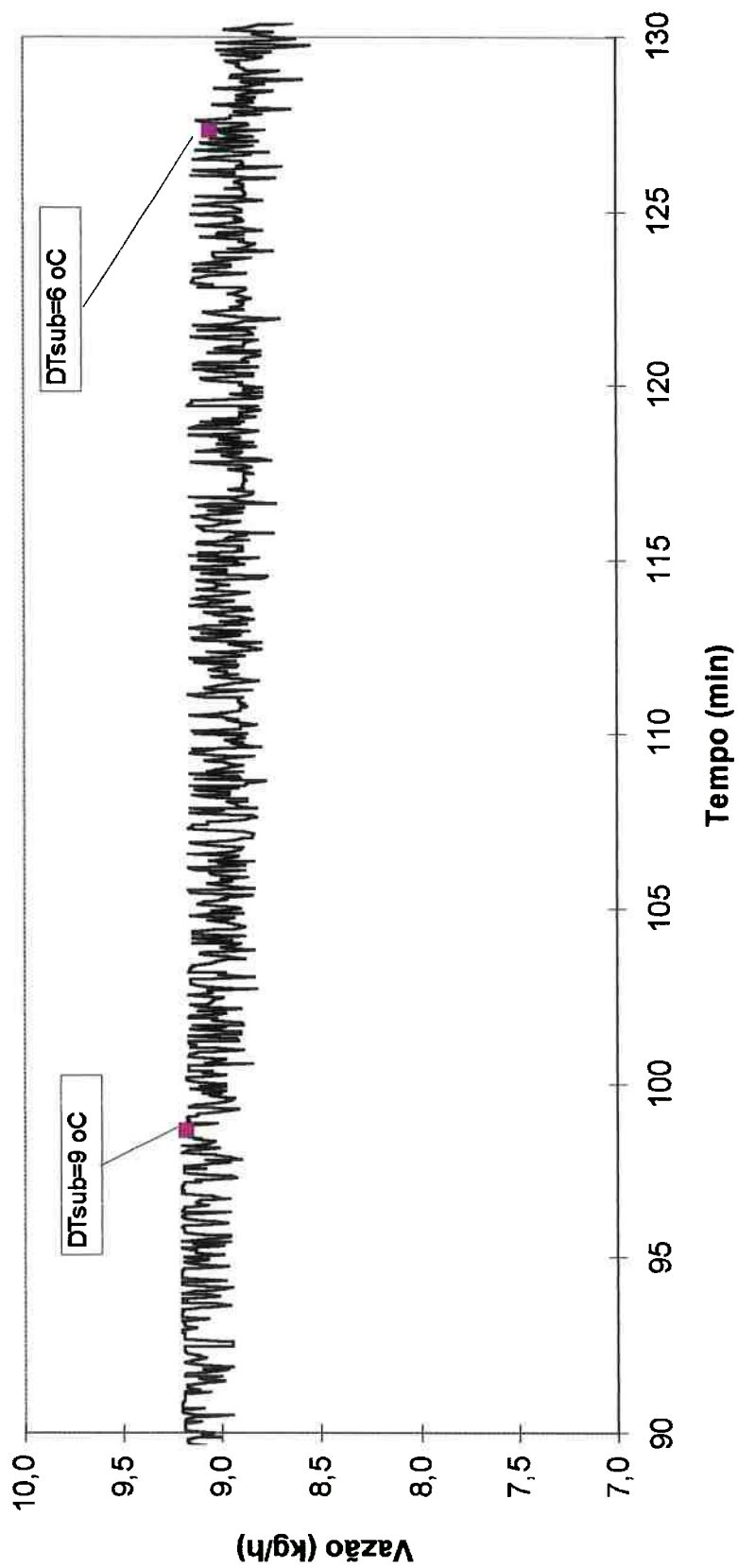


Figura 5.63. Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC-134a, ensaio NAD159). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com 6 °C de subresfriamento.

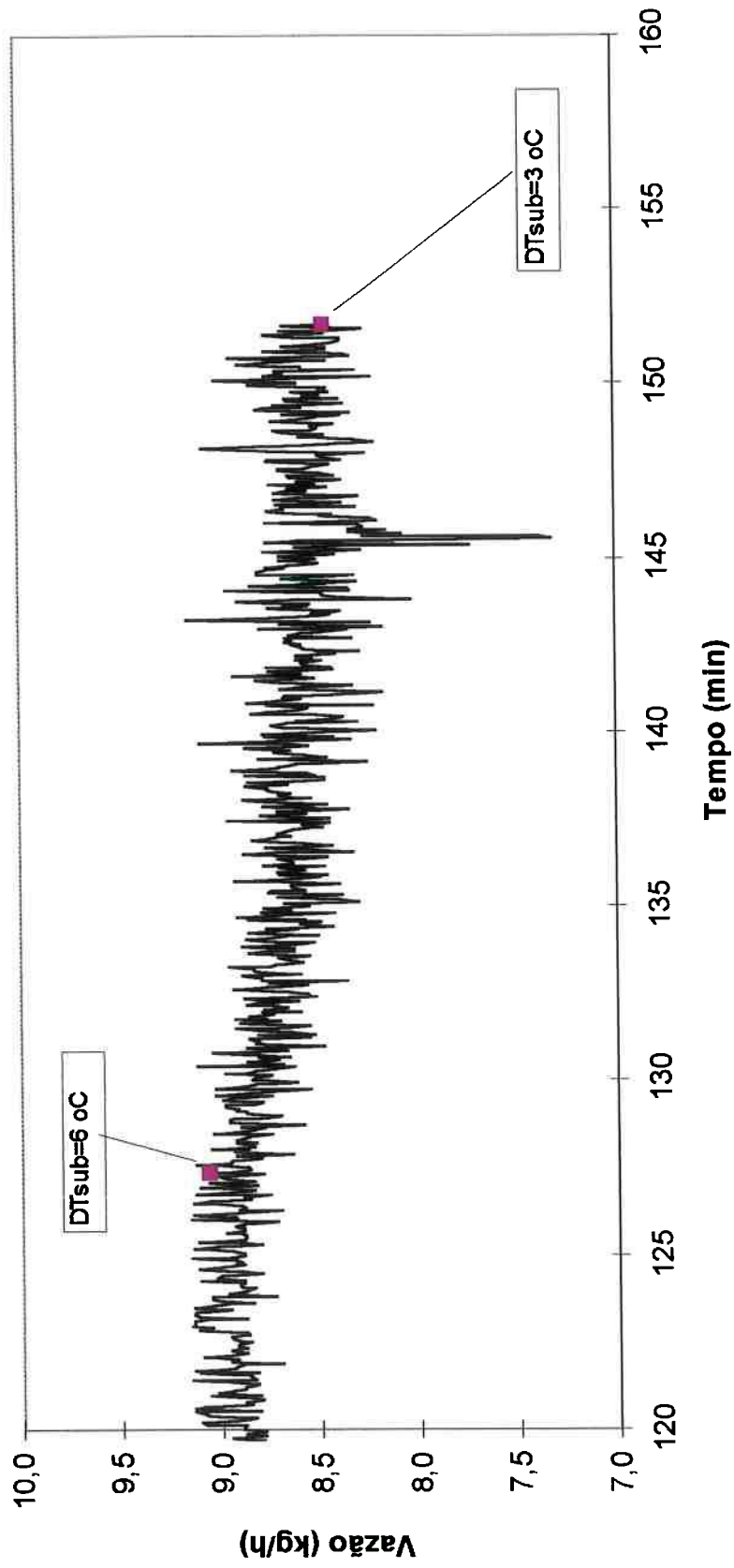


Figura 5.64. Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC-134a, ensaio NAD159). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com 3 °C de subresfriamento.

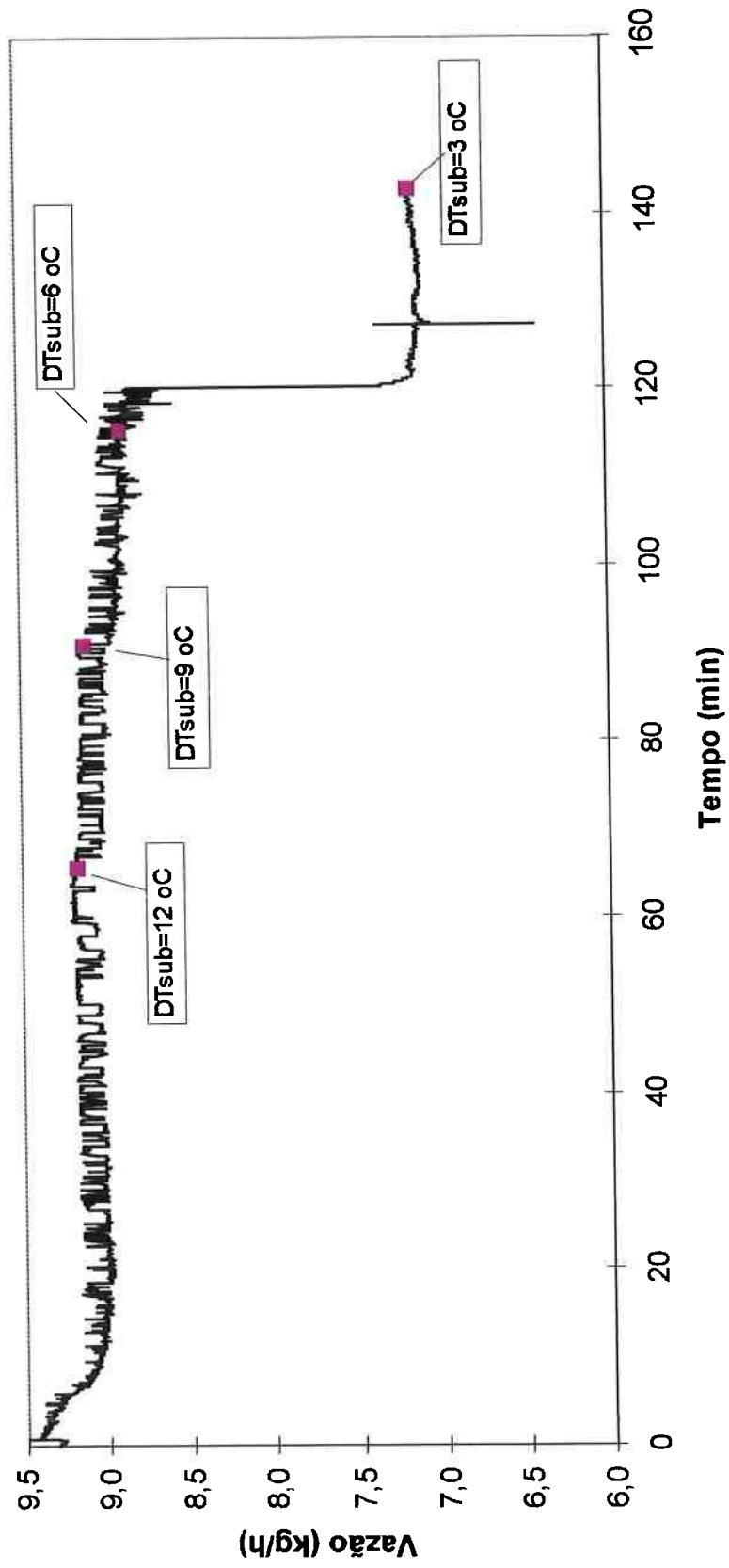


Figura 5.65. Gráfico da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC 134a, ensaio NAD162).

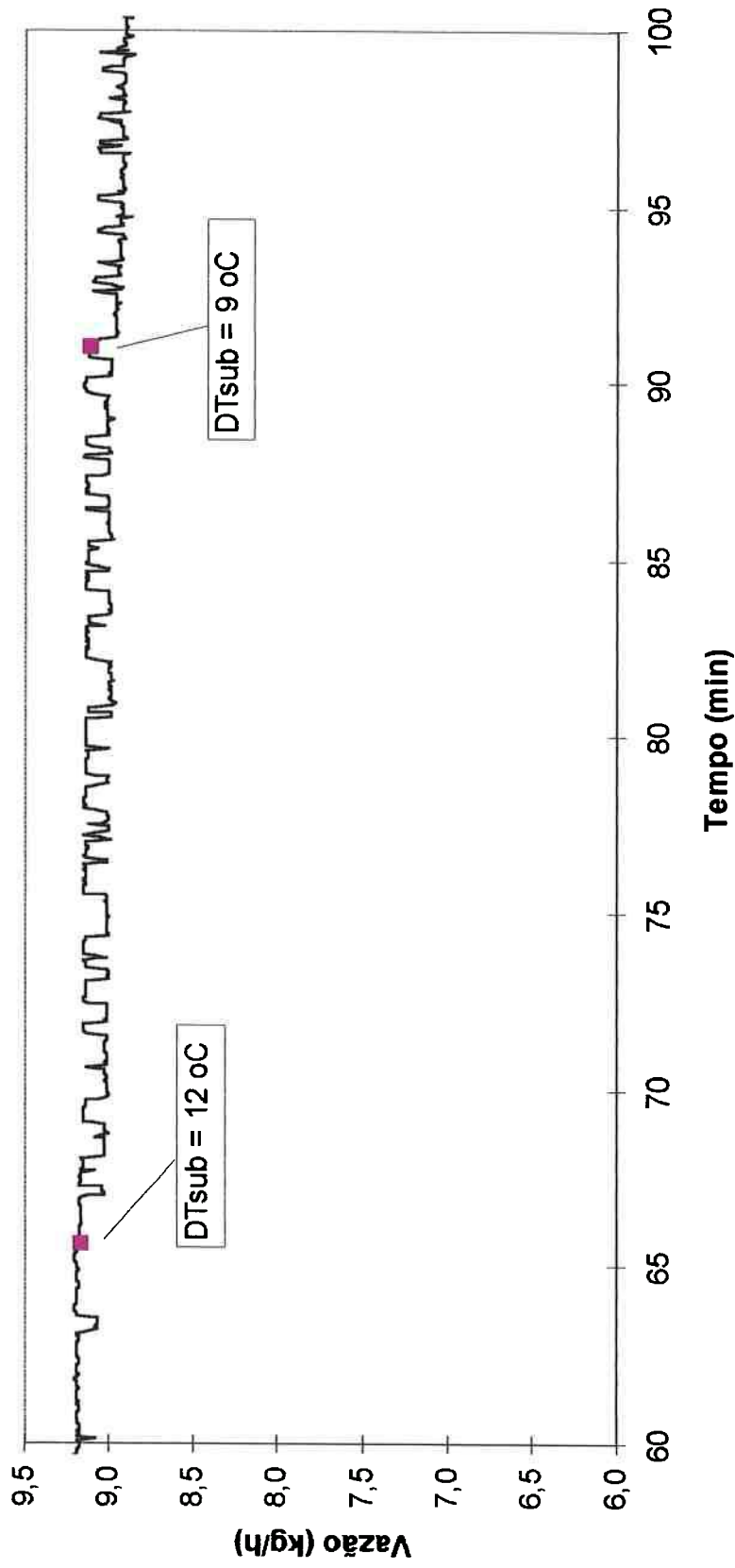


Figura 5.66. Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC 134a, ensaio NAD162). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com 9 °C de subresfriamento.

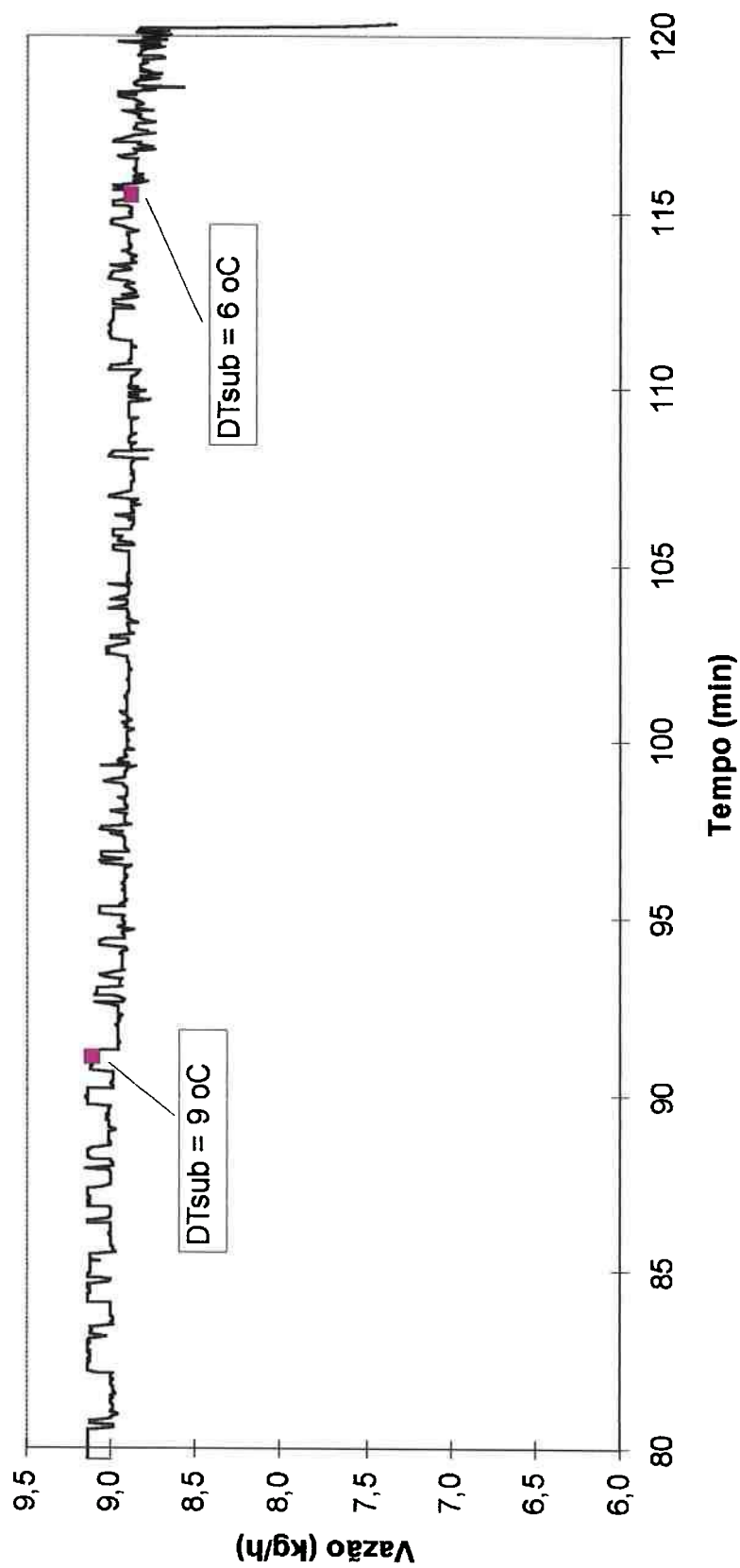


Figura 5.67. Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC 134a, ensaio NAD162). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com 6 °C de subresfriamento.

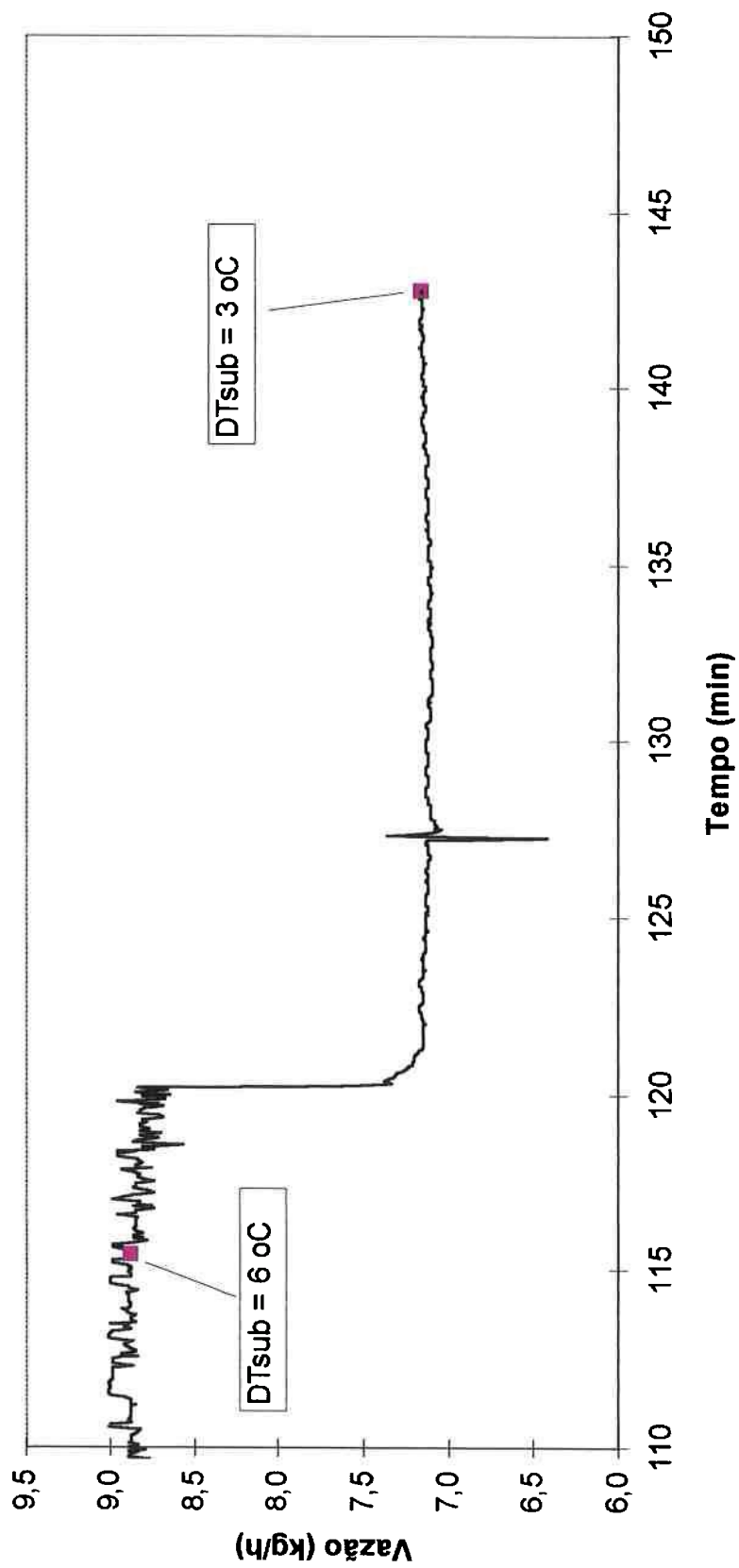


Figura 5.68. Gráfico ampliado da evolução da vazão ao longo do ensaio (tubo capilar não adiabático, HFC 134a, ensaio NAD162). Período de tempo considerado: transitório para obtenção do ponto com 3 °C de subresfriamento.

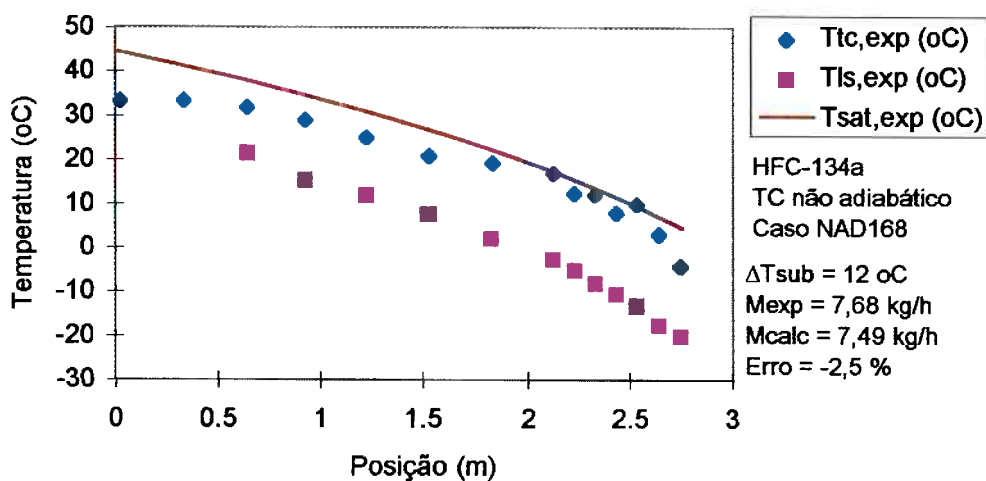


Figura 5.69. Perfis medidos de temperatura

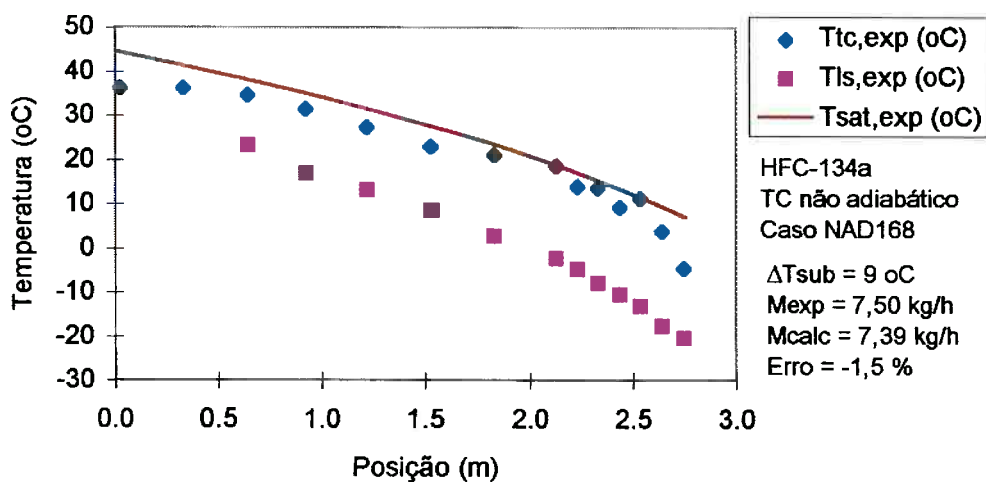


Figura 5.70. Perfis medidos de temperatura

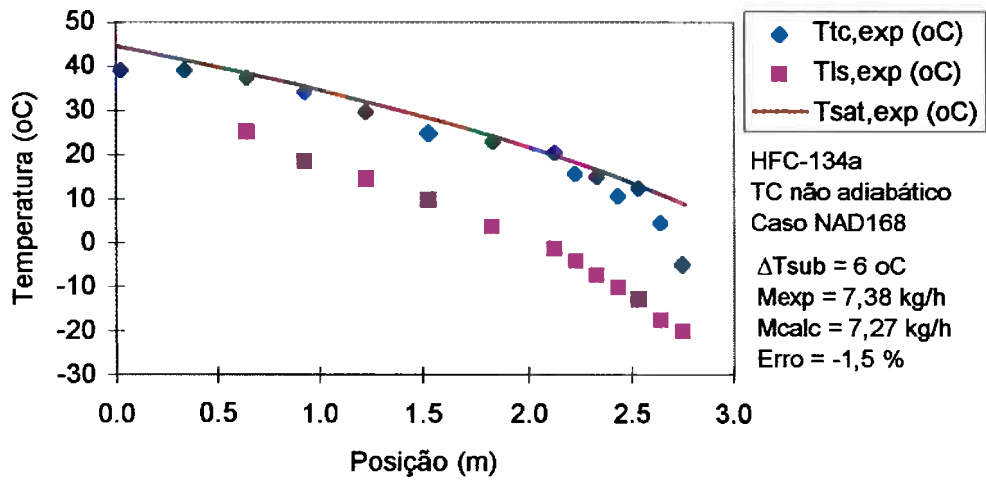


Figura 5.71. Perfis medidos de temperatura

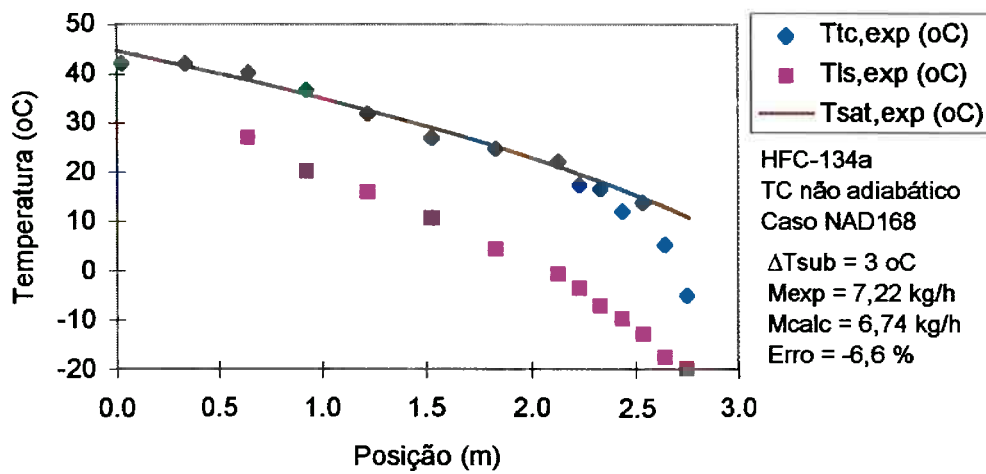


Figura 5.72. Perfis medidos de temperatura

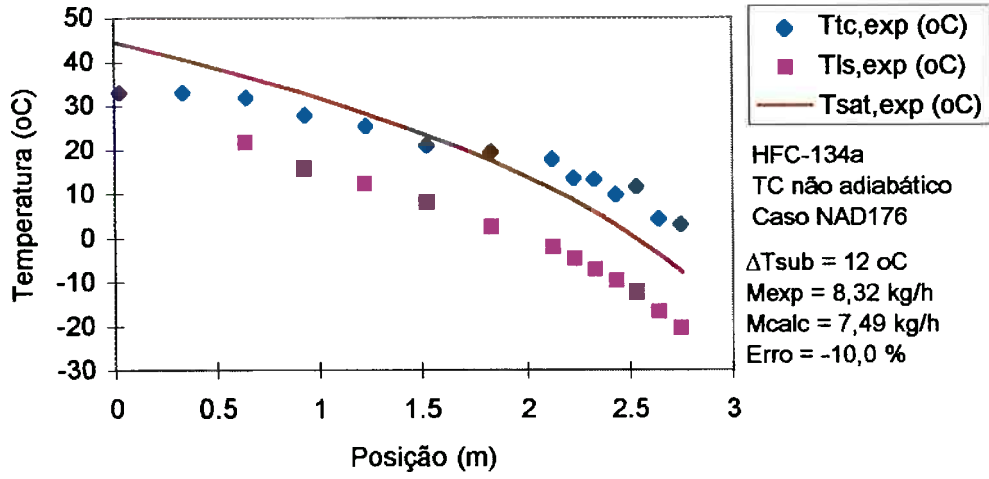


Figura 5.73. Perfis medidos de temperatura

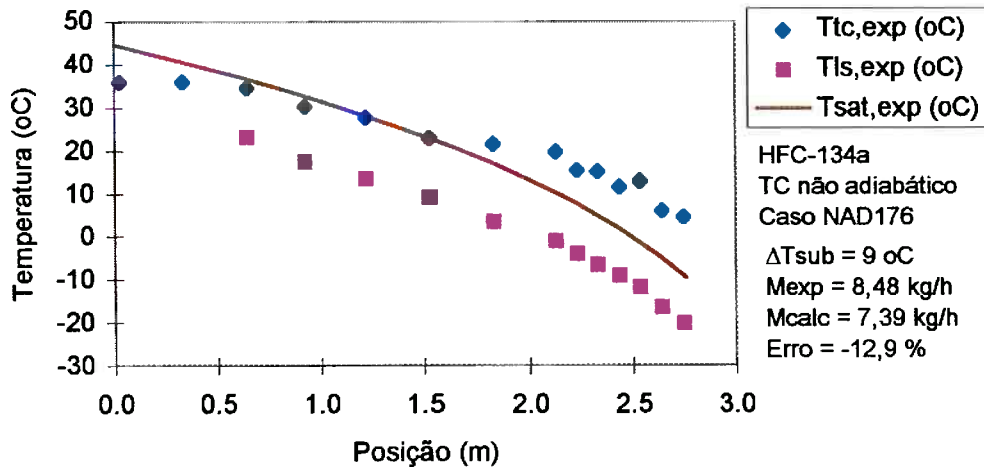


Figura 5.74. Perfis medidos de temperatura

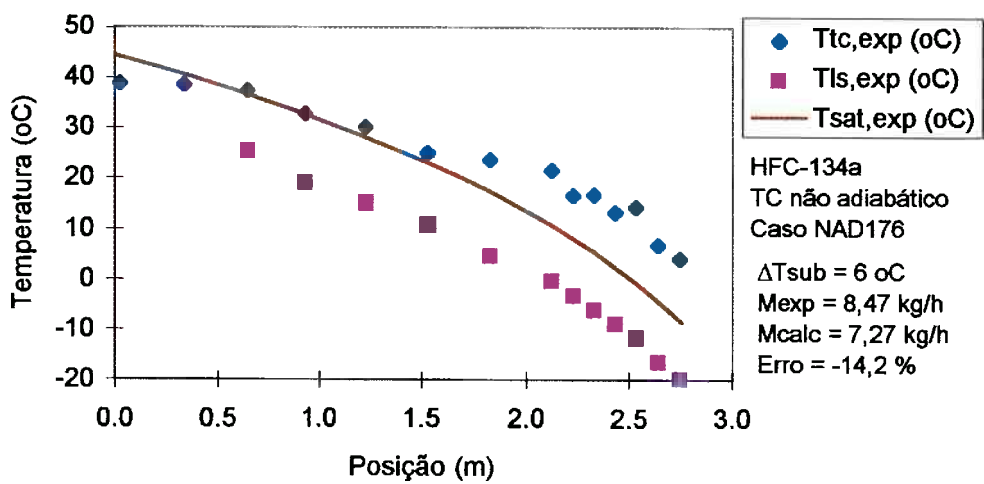


Figura 5.75. Perfis medidos de temperatura

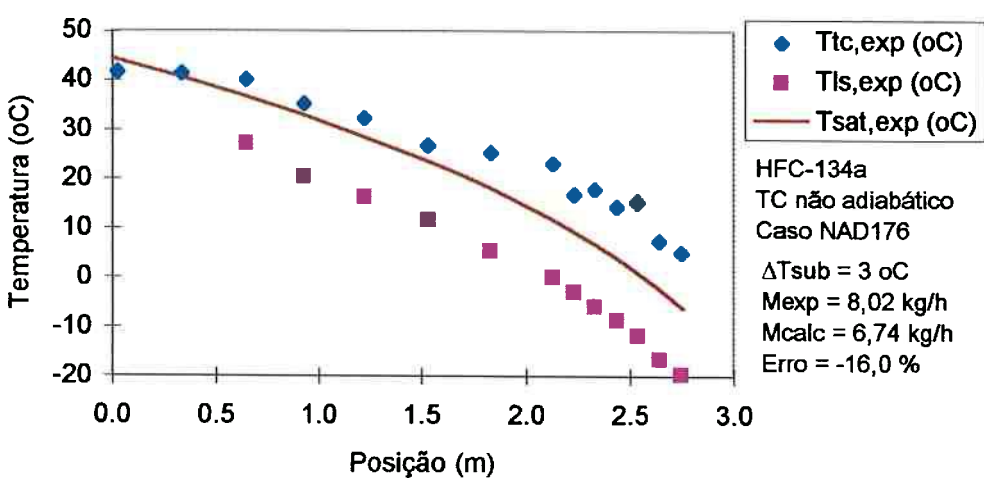


Figura 5.76. Perfis medidos de temperatura

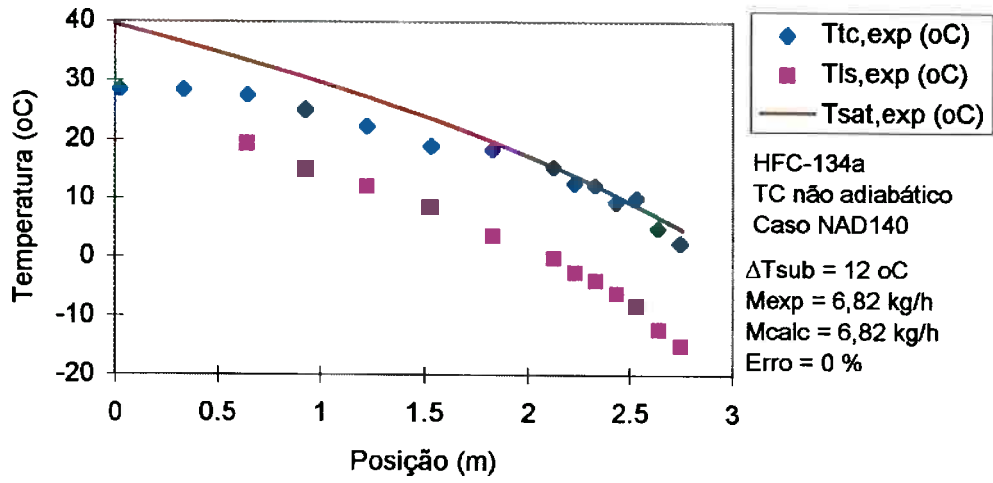


Figura 5.77. Perfis medidos de temperatura

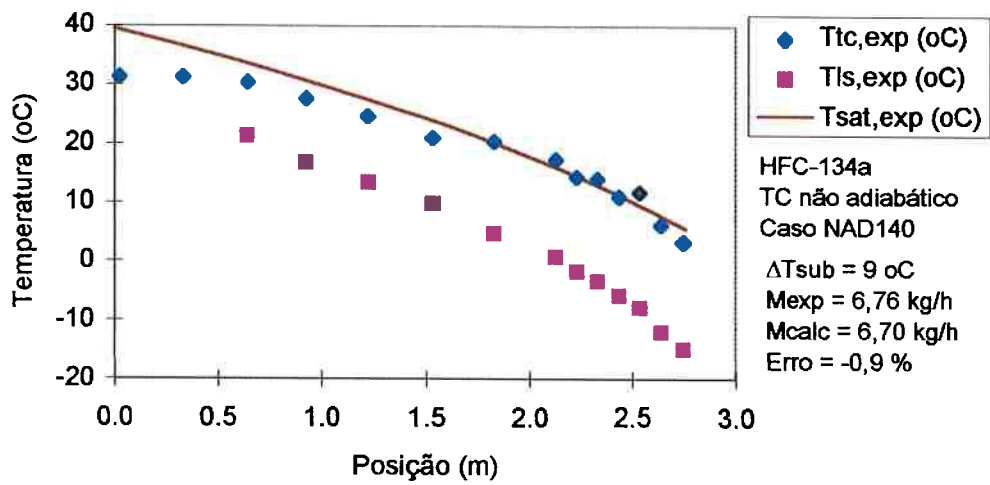


Figura 5.78. Perfis medidos de temperatura

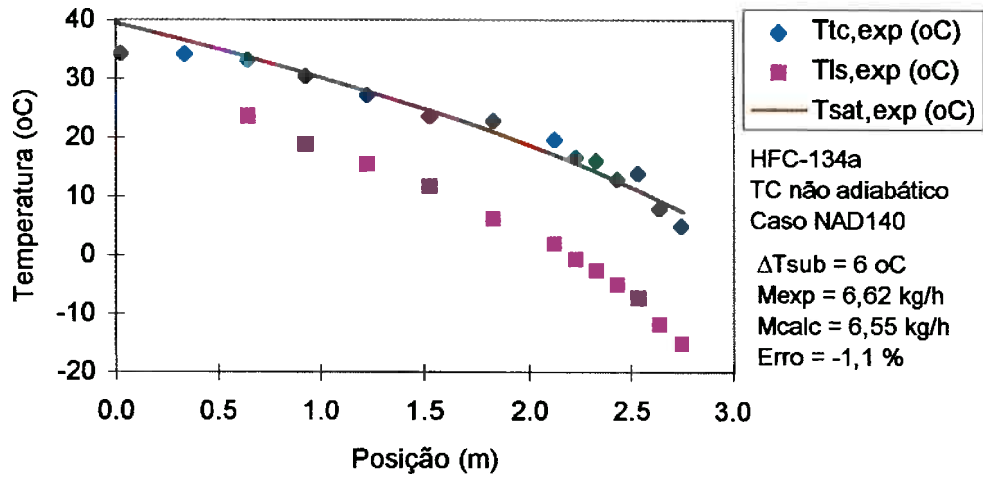


Figura 5.79. Perfis medidos de temperatura

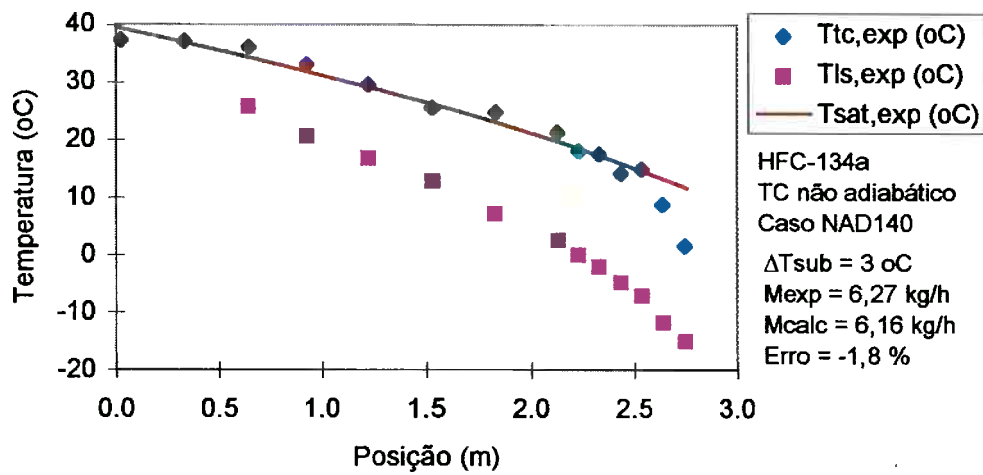


Figura 5.80. Perfis medidos de temperatura

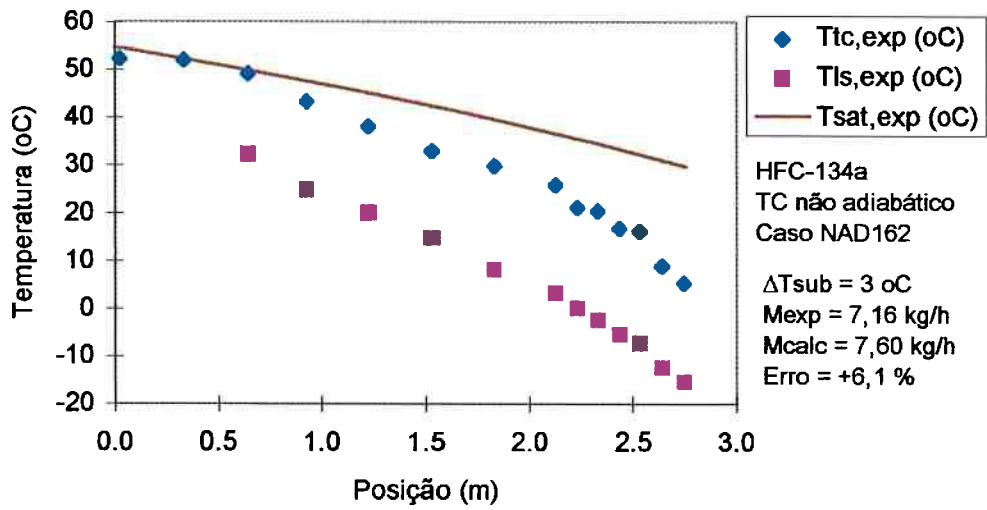


Figura 5.81. Perfis medidos de temperatura

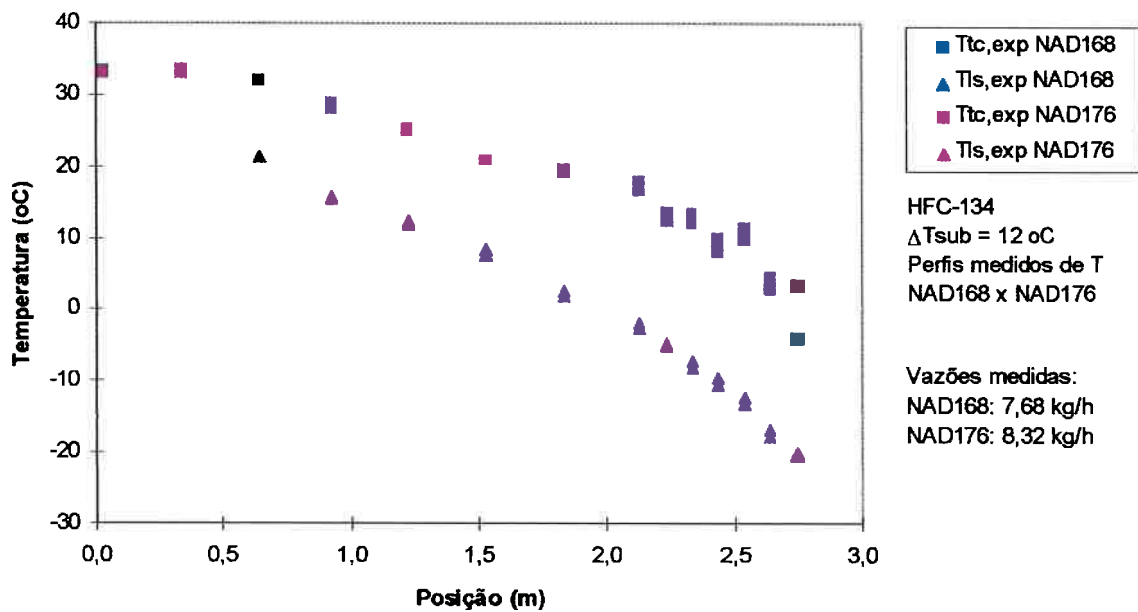


Figura 5.82. Perfis medidos de temperatura dos ensaios NAD176 e NAD168 para $\Delta T_{sub} = 12 \text{ oC}$.

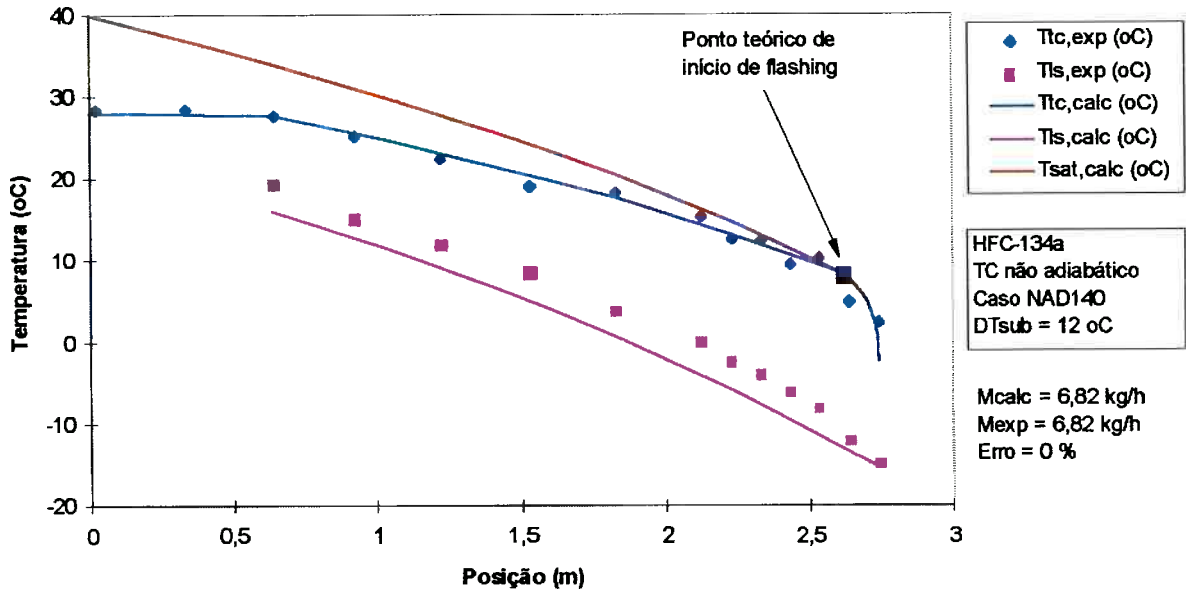


Figura 5.83. Perfis medidos e calculados de temperatura para o ensaio NAD140. Tubo capilar não adiabático, HFC-134a, $\Delta T_{sub} = 12 \text{ }^\circ\text{C}$.

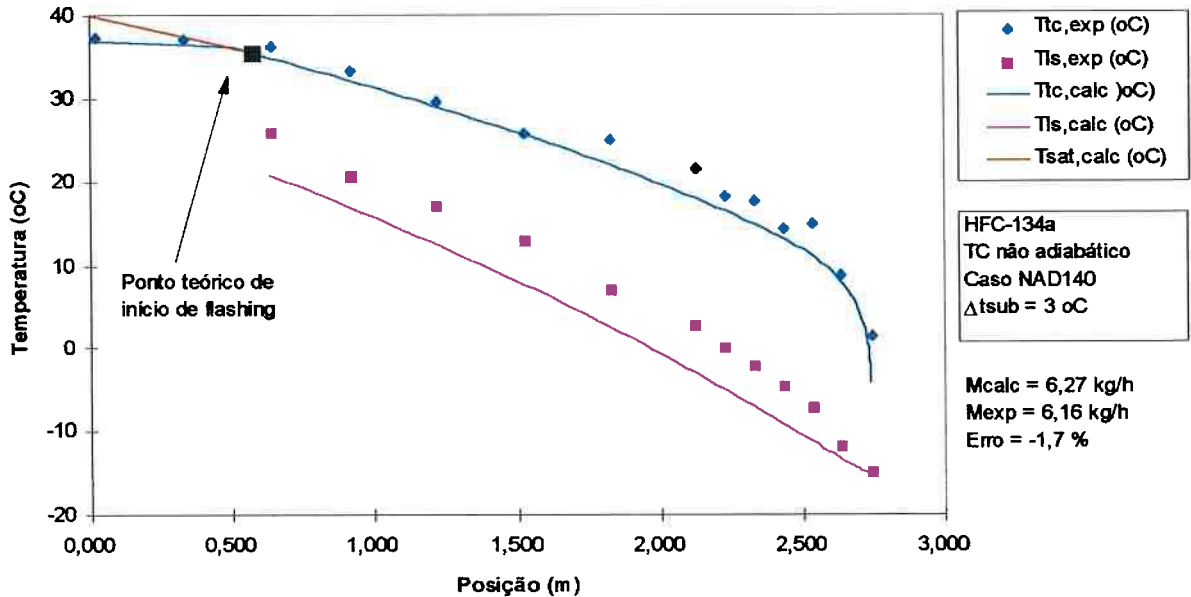


Figura 5.84. Perfis medidos e calculados de temperatura para o ensaio NAD140. Tubo capilar não adiabático, HFC-134a, $\Delta T_{sub} = 3 \text{ }^\circ\text{C}$.

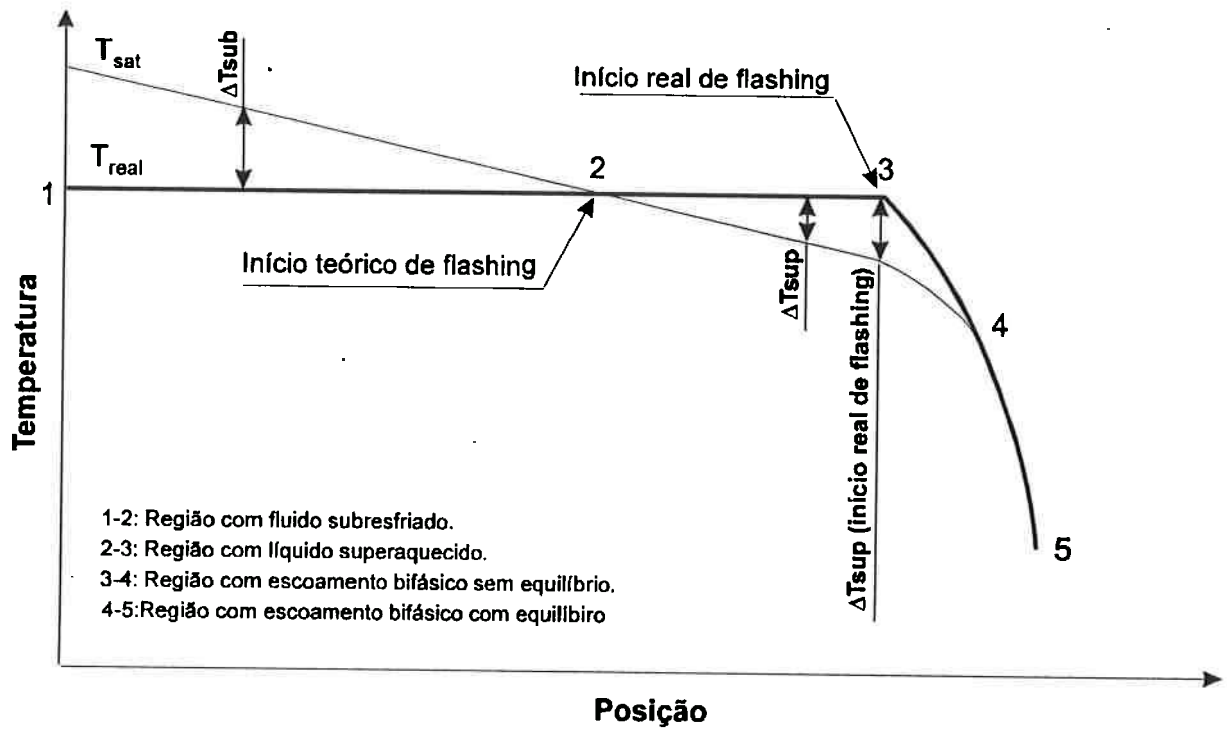


Figura 5.85. Perfis típicos de temperatura ao longo de tubo capilar adiabático.

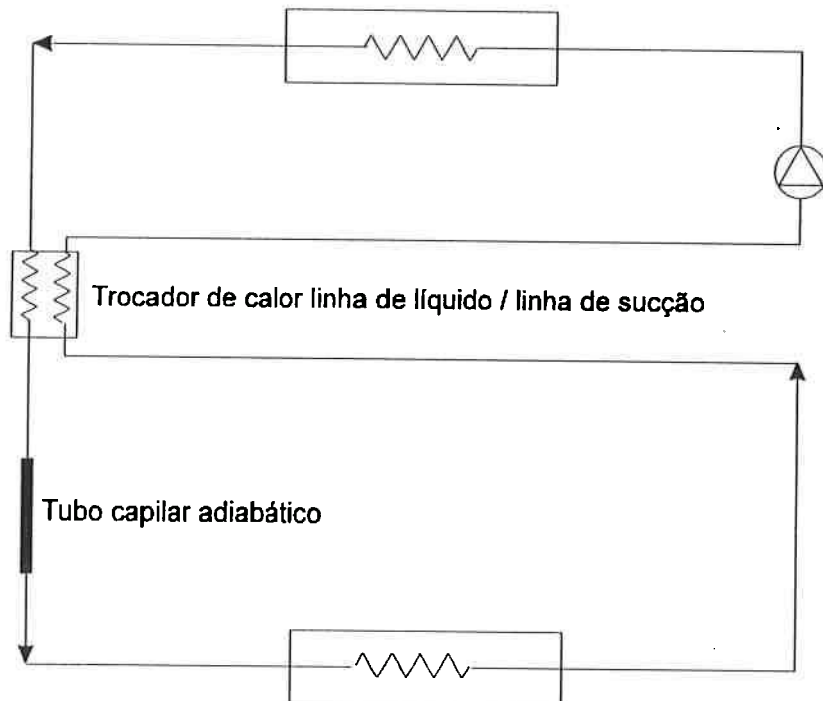


Figura 5.86. Circuito proposto com trocador de calor linha de líquido - linha de sucção e tubo capilar adiabático independente.

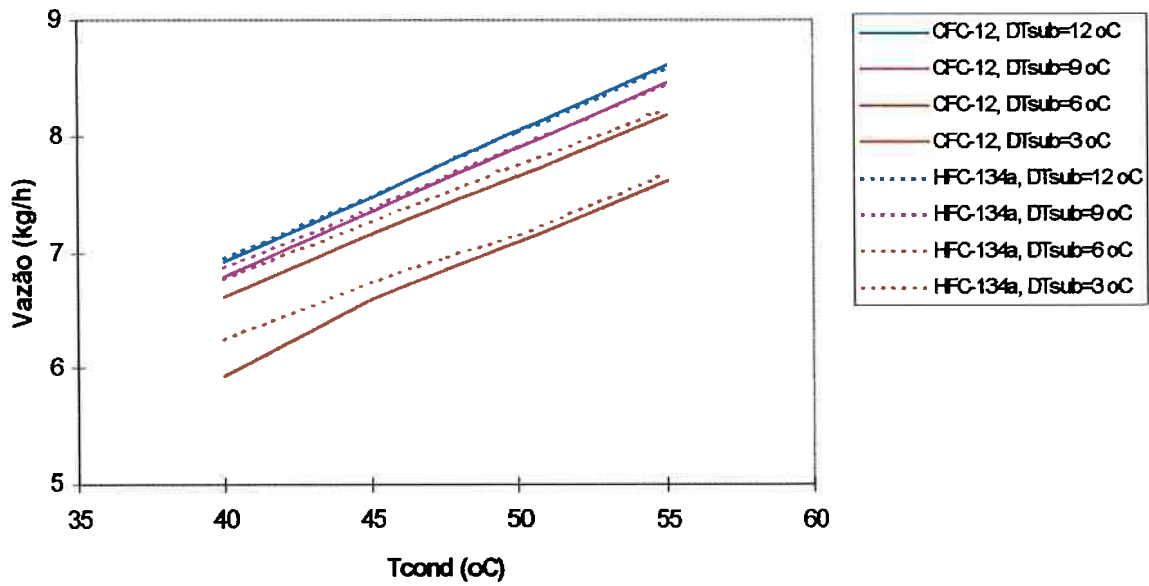


Figura 5.87. Efeito da temperatura de condensação sobre a vazão mássica no tubo capilar, condição não adiabática.

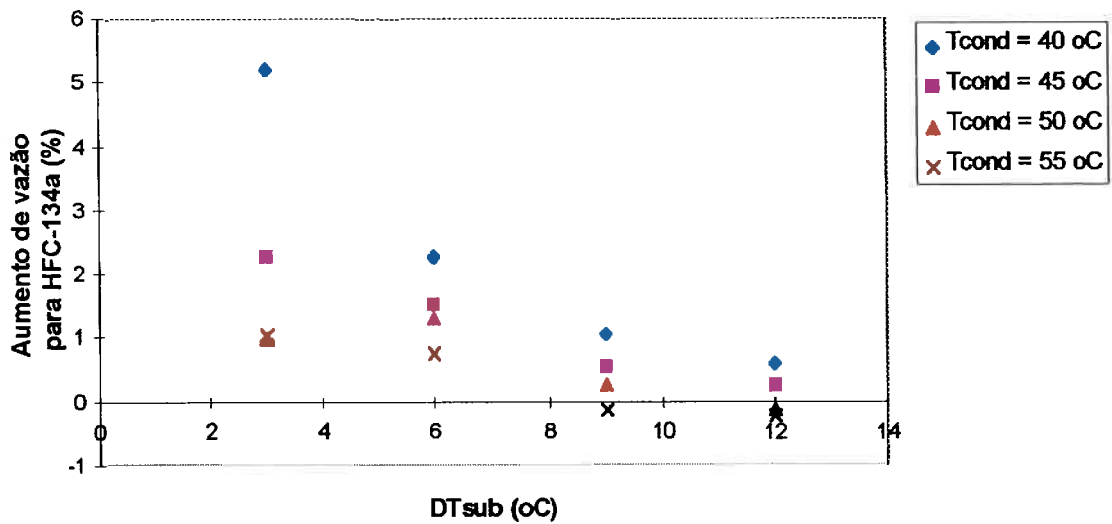


Figura 5.88. Aumento da vazão numérica do HFC-134a em relação ao CFC-12 para o tubo capilar da seção principal de testes, condição não adiabática.

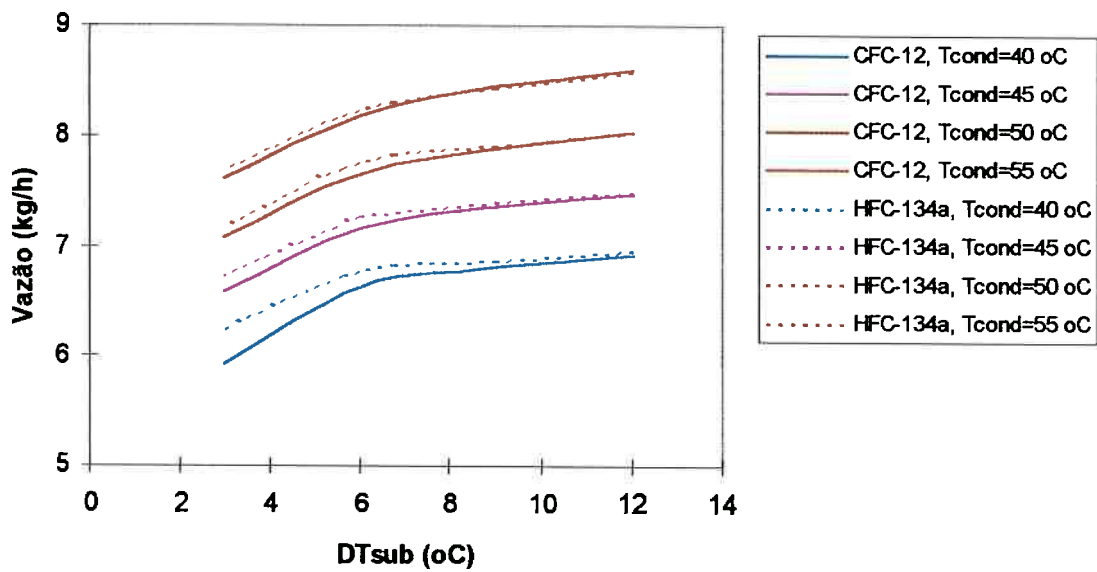


Figura 5.89. Efeito do subresfriamento sobre a vazão através do tubo capilar, condição não adiabática.

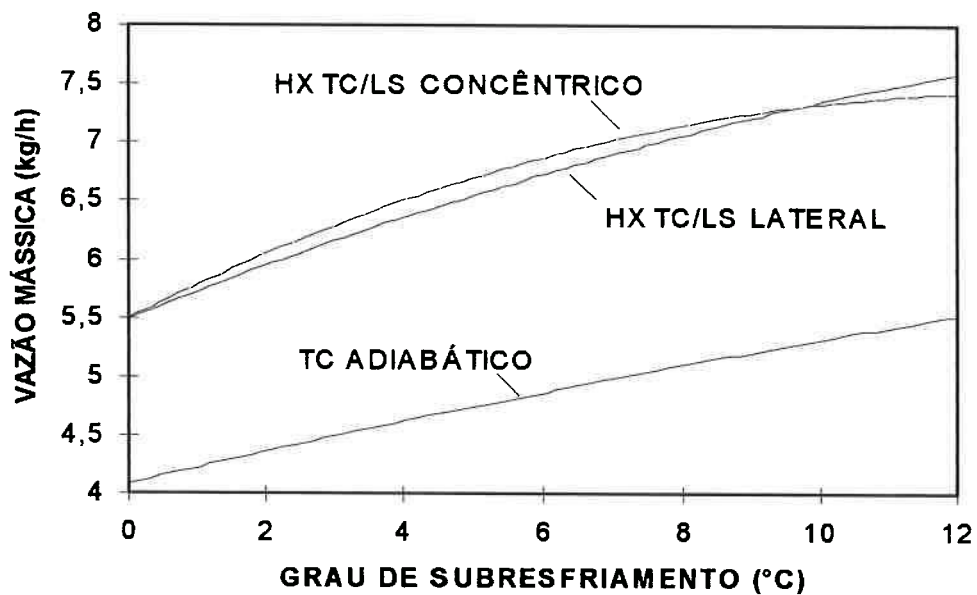


Figura 5.90. Influência de ΔT_{sub} sobre a vazão mássica para trocador de calor tubos laterais, trocador de calor de tubos concêntrico e TC adiabático (CFC-12).

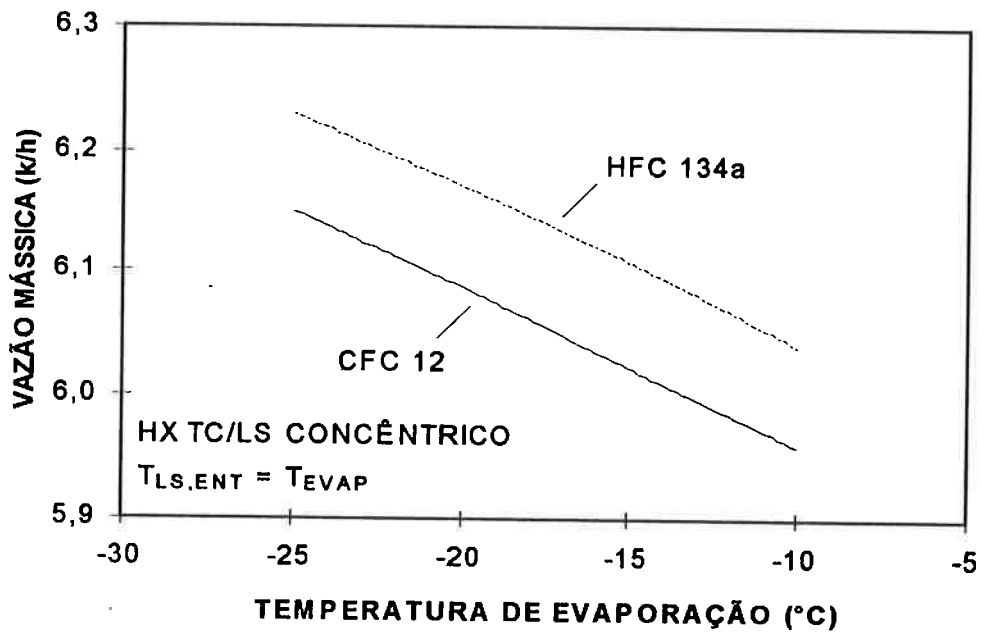


Figura 5.91. Influência da temperatura de evaporação na vazão mássica, condição não adiabática.

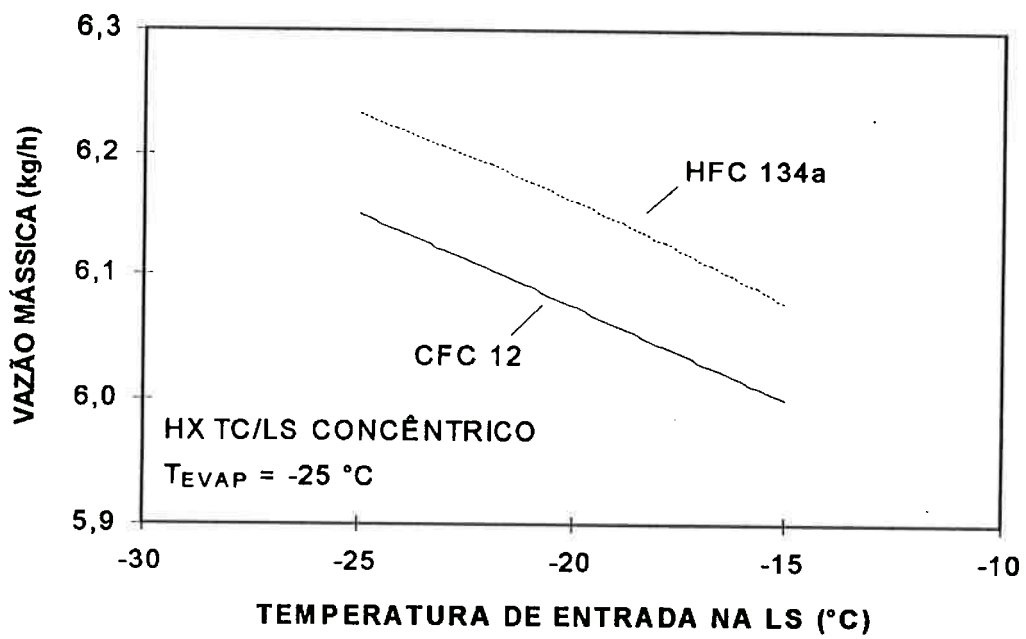


Figura 5.92. Efeito da temperatura de entrada na LS sobre a vazão, condição não adiabática.

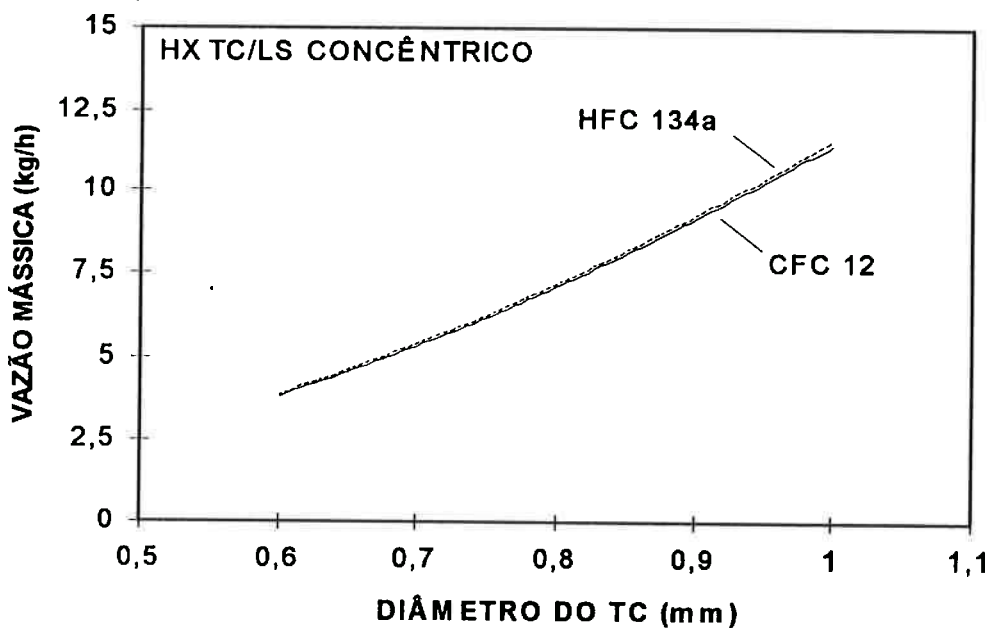


Figura 5.93. Efeito do diâmetro do TC na vazão mássica, condição não adiabática.

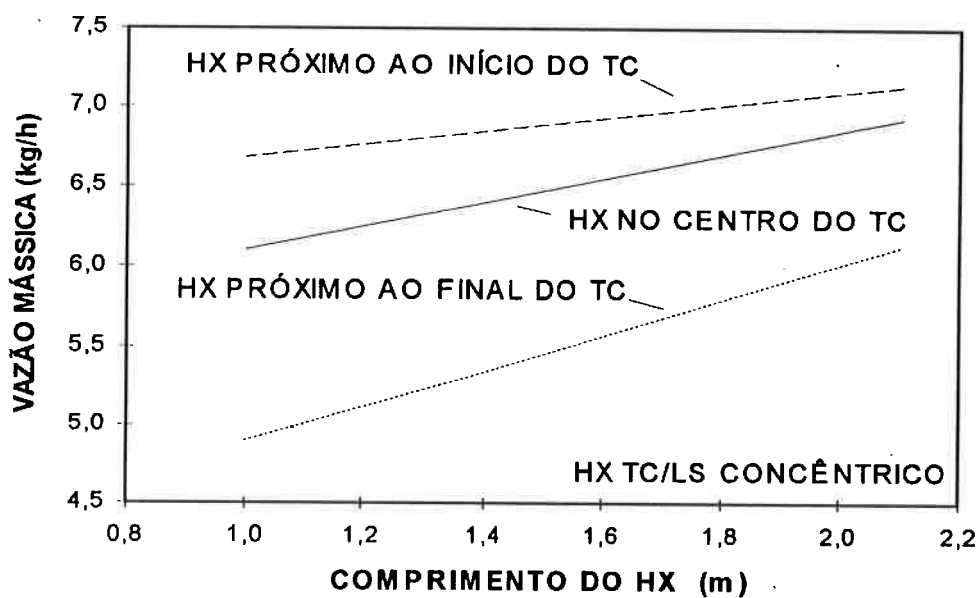


Figura 5.94. Efeito da posição e comprimento do trocador de calor na vazão mássica.

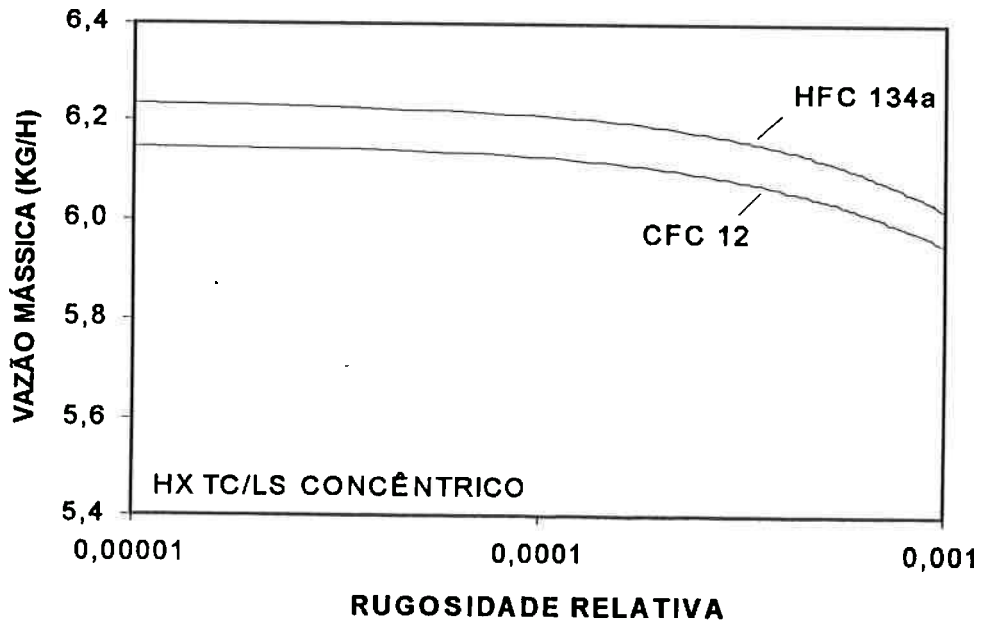


Figura 5.95. Influência da rugosidade na vazão mássica, condição não adiabática.

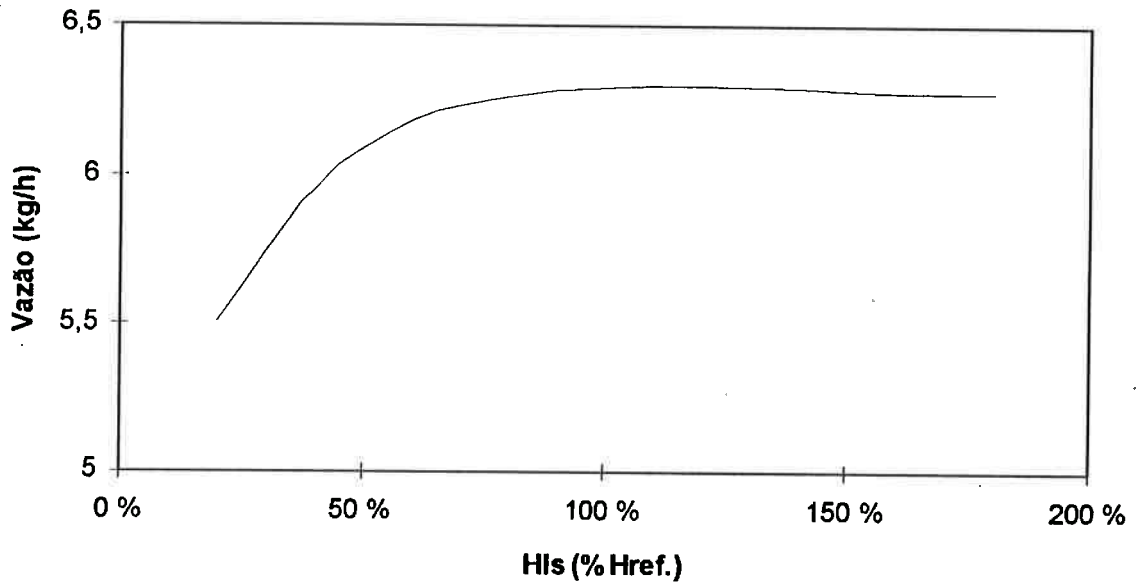


Figura 5.96. Influência do coeficiente de transferência de calor da linha de sucção do trocador de calor de tubos concêntricos sobre a vazão.

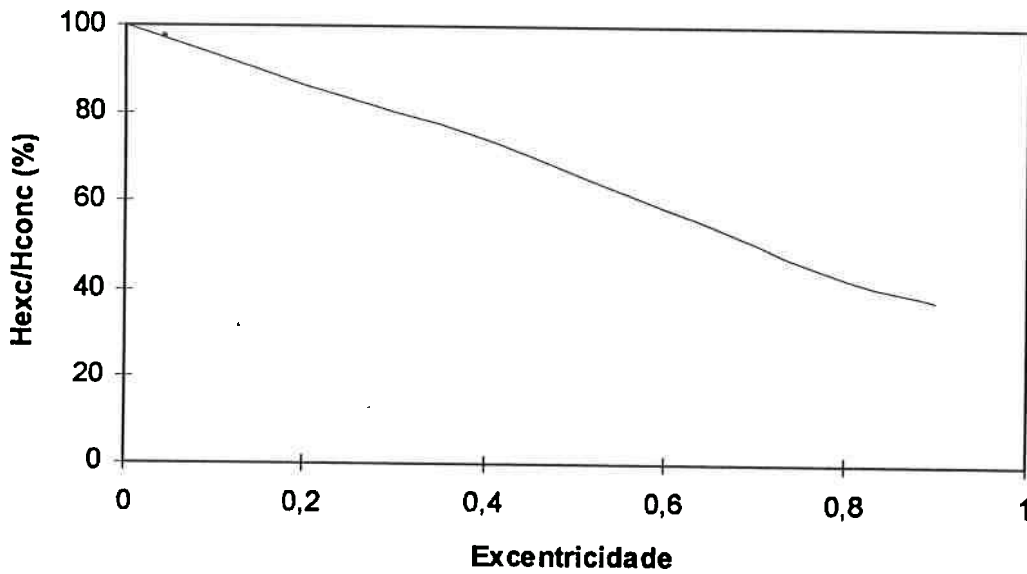


Figura 5.97. Influência da excentricidade do tubo capilar em relação à linha de sucção sobre o coeficiente de transferência de calor na linha de sucção na superfície interna, com superfície externa isolada, de acordo com os dados de Snyder (Apud Rohsenow e Hartnett, 1973).

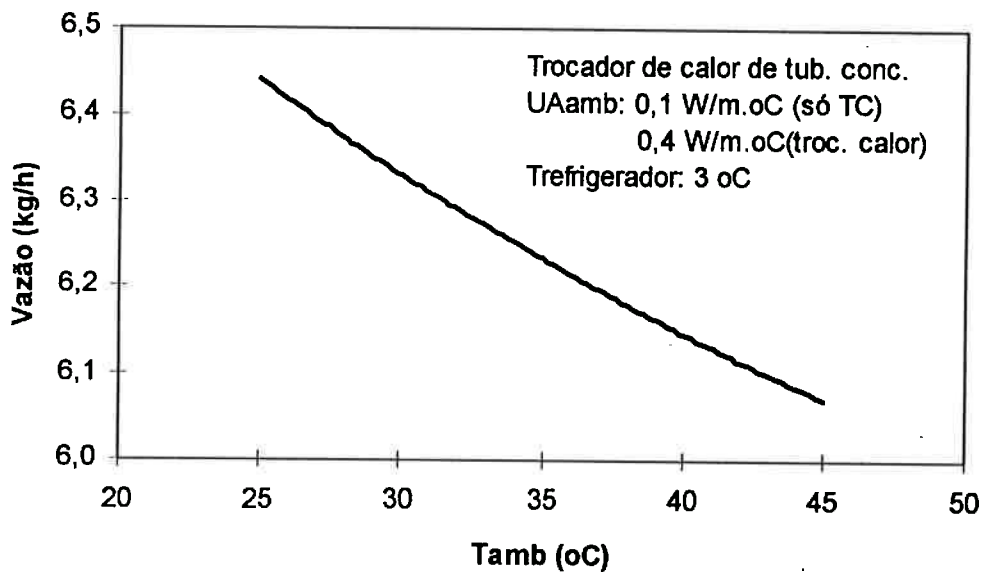


Figura 5.98. Influência da temperatura ambiente sobre a vazão através do tubo capilar, no caso de tubo sem isolamento, condição não adiabática. Caso com 60 % à temperatura ambiente e 40 % dentro do refrigerador.

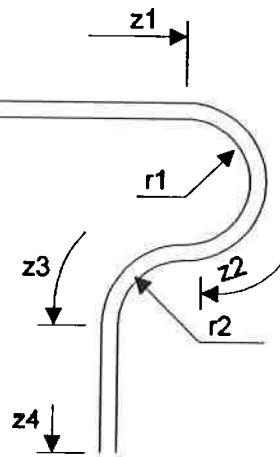


Figura 5.99. Desenho esquemático de um tubo capilar, com trechos retilíneos e trechos com curvatura.

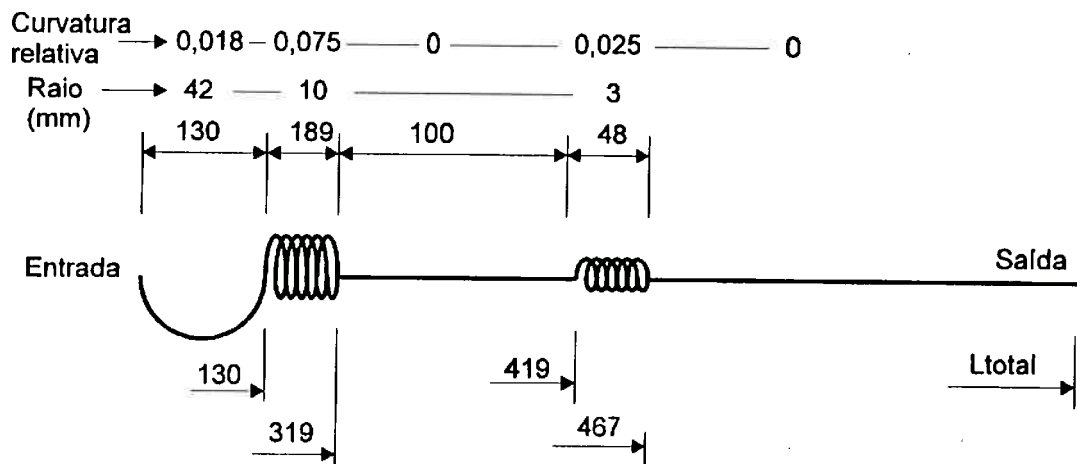


Figura 5.100. Desenho esquemático de um tubo capilar com configuração geométrica típica, utilizado no estudo da influência do encurvamento sobre o comprimento requerido para produzir uma vazão fixada.

Tabela 5.1. Resumo dos resultados obtidos nos ensaios com tubo capilar adiabático usando HFC 134a.

Ensaio	Tcond (oC)	ΔT_{sub} (oC)	ΔT_{sup} (oC)	Vazão medida (kg/h)	Vazão calc. s/ atraso vap. (kg/h)	Erro (%)	Vazão calc. c/atraso vap (kg/h)	Erro (%)
AD120	40	12	1,3	4,717	5,23	10,9	5,261	11,5
		9	2,8	4,512	4,898	8,6	5,209	15,4
		6	5	4,325	4,533	4,8	5,125	18,5
AD124	40	3	5	4,132	4,123	-0,2	4,781	15,7
		12	0,6	4,734	5,23	10,5	5,292	11,8
		9	1,7	4,469	4,898	9,6	5,093	14,0
AD138	40	6	2,8	4,228	4,533	7,2	4,875	15,3
		3	3,9	4,013	4,123	2,7	4,645	15,7
		12	1,4	5,088	5,23	2,8	5,374	5,6
AD147	40	9	2,8	4,853	4,898	0,9	5,209	7,3
		6	4,9	4,681	4,533	-3,2	5,114	9,3
		3	4,9	4,398	4,123	-6,3	4,77	8,5
AD121	45	12	5,3	5,426	5,23	-3,6	5,747	5,9
		9		5,243	4,898	-6,6		
		6	7,1	5,05	4,533	-10,2	5,344	5,8
AD125	45	3	8,3	4,753	4,123	-13,3	5,155	8,5
		12	5	5,621	5,61	-0,2	6,117	8,8
		9	3,9	5,291	5,27	-0,4	5,709	7,9
AD148	45	6	3,2	4,807	4,929	2,5	5,291	10,1
		3	2,6	4,286	4,514	5,3	4,877	13,8
		12	1,9	5,394	5,61	4,0	5,813	7,8
AD150	45	9	3,2	5,184	5,27	1,7	5,635	8,7
		6	5,2	5,158	4,929	-4,4	5,521	7,0
		3	3,2	4,371	4,514	3,3	4,951	13,3
AD148	45	12		5,487	5,61	2,2		
		9		5,251	5,27	0,4		
		6		5,032	4,929	-2,0		
AD150	45	3		4,816	4,514	-6,3		
		12	3,1	5,678	5,61	-1,2	5,933	4,5
		9	5,3	5,485	5,27	-3,9	5,854	6,7
AD150	45	6	6,1	5,29	4,929	-6,8	5,624	6,3
		3	8,4	5,033	4,514	-10,3	5,544	10,2

Tabela 5.1. Resumo dos resultados obtidos nos ensaios com tubo capilar adiabático usando HFC 134a (continuação).

Ensaio	Tcond (oC)	ΔT_{sub} (oC)	ΔT_{sup} (oC)	Vazão medida (kg/h)	Vazão calc. s/ atraso vap. (kg/h)	Erro (%)	Vazão calc. c/atraso vap (kg/h)	Erro (%)
AD122	50	12	1,5	5,958	6	0,7	6,169	3,5
		9	1,5	5,661	5,686	0,4	5,829	3,0
		6	2,2	5,11	5,301	3,7	5,59	9,4
AD126	50	3	2,2	4,73	4,878	3,1	5,193	9,8
		12	2,2	5,849	6	2,6	6,264	7,1
		9	5,2	5,829	5,686	-2,5	6,243	7,1
AD149	50	6	3,7	5,283	5,301	0,3	5,766	9,1
		3	3	4,778	4,878	2,1	5,301	10,9
		12	3,8	6,105	6	-1,7	6,408	5,0
AD151	50	9	5,3	5,913	5,686	-3,8	6,254	5,8
		6	1,5	5,306	5,301	-0,1	5,497	3,6
		3	0,8	4,778	4,878	2,1	4,994	4,6
AD123	55	12	5,3	6,184	6	-3,0	6,561	6,1
		9	6,1	5,957	5,686	-4,5	6,337	6,4
		6	5,3	5,486	5,301	-3,4	5,921	7,9
AD127	55	3	0	4,501	4,878	8,4	4,878	8,4
		12	1,7	6,49	6,437	-0,8	6,6	1,7
		9	1,7	6,081	6,078	0,0	6,286	3,4
AD152	55	6	1,7	5,554	5,686	2,4	5,909	6,4
		3			5,254			
		12	1,7	6,459	6,437	-0,3	6,6	2,2
AD153	55	9	1,7	5,997	6,078	1,4	6,286	4,8
		6	2,5	5,661	5,686	0,4	6,015	6,3
		3	3,3	5,314	5,254	-1,1	5,72	7,6
AD152	55	12	6,1	6,864	6,437	-6,2	7,063	2,9
		9	5,3	6,404	6,078	-5,1	6,667	4,1
		6	4,6	5,96	5,686	-4,6	6,274	5,3
AD153	55	3	0	5,009	5,254	4,9	4,778	-4,6
		12	1,1	6,34	6,437	1,5	6,568	3,6
		9	3,1	6,098	6,078	-0,3	6,449	5,8
AD153	55	6	4,6	5,856	5,686	-2,9	6,274	7,1
		3	1,1	5,059	5,254	3,9	5,415	7,0

	S/ considerar atraso vap.	Considerando atraso vap.
- Número de casos: (sem considerar casos AD120 e AD124)	55	50
- Grau de superaquecimento médio		3,5 oC
- Grau de superaquecimento máximo		8,4 oC
- Erro médio (%):	-1,1 %	6,5 %
- Intervalo com 90 % dos erros (intervalo = erro médio +/- desvio 90 %)	-8,1 a 6 %	0,7 a 12,3 %

Tabela 5.2. Resumo dos resultados experimentais para tubo capilar adiabático com HFC 134a, agrupados por temperatura de condensação e subresfriamento, com destaque para a dispersão dos resultados experimentais.

Tcond (°C)	ΔTsub (°C)	Vazão medida (kg/h)				Valor médio vazão medida (kg/h)	Dispersão vazão med. (% média)	Vazão calculada (kg/h)	Diferença calc.-med. (%)
		Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4				
40	12	5,088	5,426			5,257	3,2	5,23	-0,5
	9	4,853	5,243			5,048	3,9	4,898	-3,0
	6	4,681	5,05			4,8655	3,8	4,533	-6,8
	3	4,398	4,753			4,5755	3,9	4,123	-9,9
45	12	5,621	5,394	5,487	5,678	5,5825	2,5	5,61	0,5
	9	5,291	5,184	5,251	5,485	5,368	2,8	5,27	-1,8
	6	4,807	5,158	5,032	5,29	5,161	4,7	4,929	-4,5
	3	4,286	4,371	4,816	5,033	4,9245	7,6	4,514	-8,3
50	12	5,958	5,849	6,105	6,184	6,1445	2,7	6	-2,4
	9	5,661	5,829	5,913	5,957	5,935	2,5	5,686	-4,2
	6	5,11	5,283	5,306	5,486	5,396	3,5	5,301	-1,8
	3	4,73	4,778	4,776	4,501	4,6385	3,0	4,878	5,2
55	12	6,49	6,459	6,864	6,34	6,602	4,0	6,437	-2,5
	9	6,081	5,997	6,404	6,098	6,251	3,3	6,078	-2,8
	6	5,554	5,661	5,96	5,856	5,908	3,4	5,686	-3,8
	3		5,314	5,009	5,059	5,034	0,5	5,254	4,4

Dispersão = (Valor max. - valor min)/2

Tabela 5.3. Resultados experimentais e numéricos para todos os ensaios com tubo capilar não adiabático, CFC 12.

Ensaio	T _{cond} (oC)	ΔT _{sub} (oC)	T _{e,ls} (oC)	Vazão medida (kg/h)	Vazão calculada (kg/h)	Erro (%)
NAD067	40	12	-20	7,464	6,92	-7,3
		9		7,208	6,8	-5,7
		6		6,750	6,62	-1,9
		3		6,626	5,94	-10,4
NAD070	40	12	-20	7,632	6,92	-9,3
		9		7,597	6,8	-10,5
		6		7,540	6,62	-12,2
		3		7,410	5,94	-19,8
NAD090	40	12	-20	7,214	6,92	-4,1
		9		7,154	6,8	-4,9
		6		7,094	6,62	-6,7
		3		6,604	5,94	-10,1
NAD068	45	12	-20	7,440	7,47	0,4
		9		7,358	7,35	-0,1
		6		7,291	7,16	-1,8
		3		7,119	6,59	-7,4
NAD071	45	12	-20	7,904	7,47	-5,5
		9		7,803	7,35	-5,8
		6		7,688	7,16	-6,9
		3		7,260	6,59	-9,2
NAD078	45	12	-20	8,028	7,47	-7,0
		9		7,825	7,35	-6,1
		6		7,603	7,16	-5,8
		3		7,148	6,59	-7,8
NAD091	45	12	-20	8,163	7,47	-8,5
		9		7,884	7,35	-6,8
		6		7,454	7,16	-3,9
		3		7,325	6,59	-10,0
NAD069	50	12	-20	8,448	8,04	-4,8
		9		8,391	7,89	-6,0
		6		8,145	7,65	-6,1
		3		8,235	7,09	-13,9
NAD079	50	12	-20	7,995	8,04	0,6
		9		7,942	7,89	-0,7
		6		7,775	7,65	-1,6
		3		7,391	7,09	-4,1
NAD092	50	12	-20	8,402	8,04	-4,3
		9		8,335	7,89	-5,3
		6		8,058	7,65	-5,1
		3		7,891	7,09	-10,2
NAD072	55	12	-20	9,085	8,6	-5,3
		9		9,166	8,45	-7,8
		6		8,434	8,17	-3,1
		3		8,160	7,61	-6,7
NAD093	55	12	-20	8,999	8,6	-4,4
		9		8,898	8,45	-5,0
		6		8,513	8,17	-4,0
		3		7,027	7,61	8,3

Tabela 5.3. Resultados experimentais e numéricos para todos os ensaios com tubo capilar não adiabático, CFC 12 (continuação).

Ensaio	T _{cond} (oC)	ΔT _{sub} (oC)	T _{e,ls} (oC)	Vazão medida (kg/h)	Vazão calculada (kg/h)	Erro (%)
NAD073	40	12	-15	7,178	6,78	-5,5
		9		6,695	6,67	-0,4
		6		6,584	6,49	-1,4
		3		6,492	5,96	-8,2
NAD083	40	12	-15	6,909	6,78	-1,9
		9		6,858	6,67	-2,7
		6		6,613	6,49	-1,9
		3		6,545	5,96	-8,9
NAD074	45	12	-15	7,814	7,34	-6,1
		9		7,725	7,21	-6,7
		6		7,651	7,01	-8,4
		3		6,156	6,5	5,6
NAD080	45	12	-15	7,787	7,34	-5,7
		9		7,751	7,21	-7,0
		6		7,569	7,01	-7,4
		3		7,472	6,5	-13,0
NAD084	45	12	-15	7,410	7,34	-0,9
		9		7,334	7,21	-1,7
		6		7,248	7,01	-3,3
		3		7,152	6,5	-9,1
NAD088	45	12	-15	7,514	7,34	-2,3
		9		7,429	7,21	-2,9
		6		7,292	7,01	-3,9
		3		7,224	6,5	-10,0
NAD075	50	12	-15	8,241	7,9	-4,1
		9		7,814	7,76	-0,7
		6		7,744	7,52	-2,9
		3		7,412	7,02	-5,3
NAD085	50	12	-15	7,931	7,9	-0,4
		9		7,836	7,76	-1,0
		6		7,599	7,52	-1,0
		3		7,593	7,02	-7,5
NAD087	50	12	-15	8,330	7,9	-5,2
		9		8,259	7,76	-6,0
		6		7,801	7,52	-3,6
		3		7,648	7,02	-8,2
NAD081	55	12	-15	8,842	8,48	-4,1
		9		8,747	8,32	-4,9
		6		8,258	8,05	-2,5
		3		7,968	7,58	-4,9
NAD082	55	12	-15	8,812	8,48	-3,8
		9		8,730	8,32	-4,7
		6		8,206	8,05	-1,9
		3		8,263	7,58	-8,3
NAD086	55	12	-15	8,606	8,48	-1,5
		9		8,389	8,32	-0,8
		6		8,315	8,05	-3,2
		3		8,225	7,58	-7,8
NAD089	55	12	-15	8,793	8,48	-3,6
		9		8,402	8,32	-1,0
		6		8,319	8,05	-3,2
		3		7,988	7,58	-5,1

Tabela 5.4. Resultados experimentais e numéricos agrupados por condição operacional de ensaio. Tubo capilar não adiabático, CFC 12.

Tcond (oC)	ΔT_{sub} (oC)	Te,ls (oC)	Vazão medida (kg/h)				Valor médio vazão medida (kg/h)	Dispersão vazão medida (% média)	Vazão calculada (kg/h)	Diferença calc.-exp.média (% vaz. exp.média)
			Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4				
40	12	-20	7,464	7,632	7,214		7,437	2,8	6,92	-6,9
	9		7,208	7,597	7,154		7,320	3,0	6,8	-7,1
	6		6,75	7,54	7,094		7,128	5,5	6,62	-7,1
	3		6,626	7,41	6,604		6,880	5,9	5,94	-13,7
45	12	-20	7,44	7,904	8,028	8,163	7,884	4,6	7,47	-5,2
	9		7,358	7,803	7,825	7,884	7,718	3,4	7,35	-4,8
	6		7,291	7,688	7,603	7,454	7,509	2,6	7,16	-4,6
	3		7,119	7,26	7,148	7,325	7,213	1,4	6,59	-8,6
50	12	-20	8,448	7,995	8,402		8,282	2,7	8,04	-2,9
	9		8,391	7,942	8,335		8,223	2,7	7,89	-4,0
	6		8,145	7,775	8,062		7,994	2,3	7,65	-4,3
	3		8,235	7,391	7,87		7,832	5,4	7,09	-9,5
55	12	-20	9,085	8,99			9,038	0,5	8,6	-4,8
	9		9,166	8,898			9,032	1,5	8,45	-6,4
	6		8,434	8,513			8,474	0,5	8,17	-3,6
	3		8,16	7,027			7,594	7,5	7,61	0,2
40	12	-15	7,178	6,909			7,044	1,9	6,78	-3,7
	9		6,695	6,858			6,777	1,2	6,67	-1,6
	6		6,584	6,613			6,599	0,2	6,49	-1,6
	3		6,492	6,545			6,519	0,4	5,96	-8,6
45	12	-15	7,814	7,787	7,41	7,514	7,631	2,6	7,34	-3,8
	9		7,725	7,751	7,334	7,429	7,560	2,8	7,21	-4,6
	6		7,651	7,569	7,248	7,292	7,440	2,7	7,01	-5,8
	3		6,156	7,472	7,152	7,224	7,001	9,4	6,5	-7,2
50	12	-15	8,241	7,931	8,33		8,167	2,4	7,9	-3,3
	9		7,814	7,836	8,259		7,970	2,8	7,76	-2,6
	6		7,774	7,599	7,801		7,725	1,3	7,52	-2,6
	3		7,402	7,593	7,648		7,548	1,6	7,02	-7,0
55	12	-15	8,42	8,812	8,606	8,793	8,658	2,3	8,48	-2,1
	9		8,747	8,73	8,389	8,402	8,567	2,1	8,32	-2,9
	6		8,258	8,206	8,315	8,319	8,275	0,7	8,05	-2,7
	3		7,968	8,263	8,225	7,988	8,111	1,8	7,58	-6,5

Dispersão vazão medida: (Vazão max. - Vazão min.)/2

Tabela 5.5. Resultados experimentais e numéricos para todos os ensaios com tubo capilar não adiabático, HFC 134a.

Ensaio	T _{cond} (oC)	ΔT _{sub} (oC)	T _{e,ls} (oC)	Vazão medida (kg/h)	Vazão calculada (kg/h)	Erro (%)
NAD140	40	-15	12	6,817	6,82	0,0
			9	6,764	6,70	-0,9
			6	6,624	6,55	-1,1
NAD148	40	-15	3	6,265	6,16	-1,7
			12	7,322	6,82	-6,9
			9	7,170	6,70	-6,6
NAD154	40	-15	6	6,885	6,55	-4,9
			3	6,600	6,16	-6,7
			12	7,324	6,82	-6,9
NAD156	40	-15	9	7,256	6,70	-7,7
			6	7,197	6,55	-9,0
			3	7,145	6,16	-13,8
NAD141	45	-15	12	7,233	6,82	-5,7
			9	7,255	6,70	-7,6
			6	7,220	6,55	-9,3
NAD155	45	-15	3	7,121	6,16	-13,5
			12	7,403	7,36	-0,6
			9	7,404	7,25	-2,1
NAD157	45	-15	6	7,248	7,12	-1,8
			3	6,848	6,65	-2,9
			12	7,926	7,36	-7,1
NAD142	50	-15	9	7,891	7,25	-8,1
			6	7,825	7,12	-9,0
			3	7,759	6,65	-14,3
NAD158	50	-15	12	7,978	7,36	-7,7
			9	7,928	7,25	-8,6
			6	7,860	7,12	-9,4
NAD161	50	-15	3	7,767	6,65	-14,4
			12	8,346	7,91	-5,2
			9	8,294	7,77	-6,3
NAD143	55	-15	6	8,205	7,61	-7,3
			3	8,362	7,13	-14,7
			12	8,613	7,91	-8,2
NAD159	55	-15	9	8,532	7,77	-8,9
			6	8,471	7,61	-10,2
			3	8,331	7,13	-14,4
NAD162	55	-15	12	8,572	7,91	-7,7
			9	8,502	7,77	-8,6
			6	8,400	7,61	-9,4
NAD143	55	-15	3	8,314	7,13	-14,2
			12	9,080	8,45	-6,9
			9	9,036	8,31	-8,0
NAD159	55	-15	6	8,835	8,10	-8,3
			3	8,711	7,60	-12,8
			12	9,207	8,45	-8,2
NAD162	55	-15	9	9,036	8,31	-8,0
			6	8,917	8,10	-9,2
			3	8,566	7,60	-11,3
NAD162	55	-15	12	9,185	8,45	-8,0
			9	9,057	8,31	-8,2
			6	8,909	8,10	-9,1
			3	7,164	7,60	6,1

Tabela 5.5. Resultados experimentais e numéricos para todos os ensaios com tubo capilar não adiabático, HFC 134a (continuação).

Ensaio	T _{cond} (°C)	ΔT _{sub} (°C)	T _{e,ls} (°C)	Vazão medida (kg/h)	Vazão calculada (kg/h)	Erro (%)
NAD163	40	-20	12	7,781	6,96	-10,6
			9	7,535	6,87	-8,8
			6	7,409	6,77	-8,6
			3	7,272	6,25	-14,1
NAD167	40	-20	12	7,709	6,96	-9,7
			9	7,621	6,87	-9,9
			6	7,569	6,77	-10,6
			3	7,546	6,25	-17,2
NAD175	40	-20	12	7,985	6,96	-12,8
			9	8,015	6,87	-14,3
			6	8,012	6,77	-15,5
			3	7,895	6,25	-20,8
NAD164	45	-20	12	7,630	7,49	-1,8
			9	7,578	7,39	-2,5
			6	7,569	7,27	-4,0
			3	7,551	6,74	-10,7
NAD168	45	-20	12	7,675	7,49	-2,4
			9	7,498	7,39	-1,4
			6	7,376	7,27	-1,4
			3	7,221	6,74	-6,7
NAD176	45	-20	12	8,322	7,49	-10,0
			9	8,476	7,39	-12,8
			6	8,475	7,27	-14,2
			3	8,015	6,74	-15,9
NAD165	50	-20	12	8,397	8,03	-4,4
			9	8,355	7,91	-5,3
			6	8,315	7,75	-6,8
			3	8,251	7,16	-13,2
NAD169	50	-20	12	7,958	8,03	0,9
			9	7,897	7,91	0,2
			6	7,854	7,75	-1,3
			3	7,804	7,16	-8,3
NAD177	50	-20	12	9,285	8,03	-13,5
			9	9,259	7,91	-14,6
			6	8,833	7,75	-12,3
			3	8,766	7,16	-18,3
NAD166	55	-20	12	9,586	8,58	-10,5
			9	9,503	8,44	-11,2
			6	9,390	8,23	-12,4
			3	9,362	7,69	-17,9
NAD170	55	-20	12	8,643	8,58	-0,7
			9	8,314	8,44	1,5
			6	8,481	8,23	-3,0
			3	8,433	7,69	-8,8
NAD178	55	-20	12	9,964	8,58	-13,9
			9	10,032	8,44	-15,9
			6	9,860	8,23	-16,5
			3	7,156	7,69	7,5

Tabela 5.6. Resultados experimentais e numéricos agrupados por condição operacional de ensaio. Tubo capilar não adiabático, HFC 134a.

Tcond (oC)	ΔT_{sub} (oC)	Te,Is (oC)	Vazão medida (kg/h)				Valor médio vazão medida (kg/h)	Máx. vazão medida (kg/h)	Dispersão vazão medida (%)	Vazão calculada (kg/h)	Diferença calc.-exp.média (% vaz. exp.média)
			Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4					
40	12	-20	7,781	7,709	7,985		7,825	7,985	2,0	6,96	-11,1
	9		7,535	7,621	8,015		8,015	8,015	3,5	6,87	-11,1
	6		7,409	7,569	8,012		7,663	8,012	4,4	6,77	-11,7
	3		7,272	7,546	7,895		7,571	7,895	4,1	6,25	-17,4
45	12	-20	7,63	7,675	8,322		7,876	8,322	5,4	7,49	-4,9
	9		7,578	7,498	8,476		7,851	8,476	7,4	7,39	-5,9
	6		7,569	7,376	8,475		7,807	8,475	7,9	7,27	-6,9
	3		7,551	7,221	8,015		7,596	8,015	5,2	6,74	-11,3
50	12	-20	8,397	7,958	9,285		8,547	9,285	8,0	8,03	-6,0
	9		8,355	7,897	9,259		8,504	9,259	8,2	7,91	-7,0
	6		8,315	7,854	8,833		8,334	8,833	5,6	7,75	-7,0
	3		8,251	7,804	8,766		8,274	8,766	5,6	7,16	-13,5
55	12	-20	9,586	8,643	9,964		9,398	9,964	5,7	8,58	-8,7
	9		9,503	8,314	10,032		9,283	10,032	7,5	8,44	-9,1
	6		9,39	8,481	9,86		9,244	9,860	6,3	8,23	-11,0
	3		9,362	8,433	7,156		8,317	9,362	11,2	7,69	-7,5
40	12	-15	6,817	7,322	7,324	7,233	7,174	7,324	2,0	6,82	-4,9
	9		6,764	7,17	7,256	7,255	7,111	7,256	2,0	6,70	-5,8
	6		6,624	6,885	7,197	7,22	6,982	7,220	3,3	6,55	-6,2
	3		6,265	6,6	7,145	7,121	6,783	7,145	5,1	6,16	-9,2
45	12	-15	7,403	7,926	7,978		7,769	7,978	2,6	7,36	-5,3
	9		7,404	7,891	7,928		7,741	7,928	2,4	7,25	-6,3
	6		7,248	7,825	7,86		7,644	7,860	2,7	7,12	-6,9
	3		6,848	7,759	7,767		7,458	7,767	4,0	6,65	-10,8
50	12	-15	8,346	8,613	8,572		8,510	8,613	1,2	7,91	-7,1
	9		8,294	8,532	8,502		8,443	8,532	1,0	7,77	-8,0
	6		8,205	8,471	8,4		8,359	8,471	1,3	7,61	-9,0
	3		8,362	8,331	8,314		8,336	8,362	0,3	7,13	-14,5
55	12	-15	9,08	9,207	9,185		9,157	9,207	0,5	8,45	-7,7
	9		9,036	9,036	9,057		9,043	9,057	0,2	8,31	-8,1
	6		8,835	8,917	8,909		8,887	8,917	0,3	8,10	-8,9
	3		8,711	8,566	7,164		8,147	8,711	6,5	7,60	-6,7

Tabela 5.7. Parâmetros adotados para as condições de referência utilizadas nos estudos de sensibilidade.

Parâmetro	Condição de ensaio	Condição nominal
Temperatura de condensação (oC)	Várias	50
Temperatura de evaporação (oC)	-25	-25
$T_{is,e}$ (oC)	-20	= T_{evap}
$D_{i,tc}$ (mm)	0,794	0,75
$D_{i,ls}$ (mm)	6	5
ΔT_{sub} (oC)	Vários	3
Comprimentos (m):		
- trecho adiabático inicial	0,642	0,624
- trecho com troca de calor	2,105	2,105
- trecho adiabático final	0,01	0,01
Rugosidade relativa do TC	0,0015	Tubo liso
Temperatura ambiente (oC)	25	25
Fluido na LS	Ar	Vapor ref.
Perda de calor no trecho inicial do tubo capilar (W/m.oC)	0,45	0

Tabela 5.8. Exemplo de tabela de dados sobre o perfil de curvatura do tubo capilar.

Trecho N	Curvatura	Zinicial	Zfinal
1	0	0	z1
2	$D_{tc}/r1$	z1	z2
3	$D_{tc}/r2$	z2	z3
4	0	z3	L

Tabela 5.9. Valores calculados de comprimento para tubo reto e com encurvamentos de vários tipos.

Caso	Comprimento			Diferença $L - L_{reto}$
	L_{ad} (m)	L_{fx} (m)	L_{total} (m)	
Tubo reto	0,2	5,24	5,44	--
Com raio = 10 mm	0,2	4,47	4,67	-14,2%
Com raio = 3 mm	0,2	3,78	3,98	-26,8%
Caso típico	0,2	5,11	5,31	-2,4%

Tabela 5.10. Influência de algumas variáveis sobre o desempenho ou o comprimento necessário de tubo capilar.

Variável	Variação	Efeito na vazão (para L fixado)	Efeito em L (para vazão fixada)
Tcond	+ 1 oC	+ 1,6 %	+ 3,2 %
Fluido (CFC-12 para HFC-134a)	---	max. 2 %	max. 4 %
DTsub	+ 1 oC	1) + 2,7 % (DTsub entre 3 e 6 oC) 2) + 0,93 % (DTsub entre 6 e 12 oC)	+ 5,4 % + 1,9 %
Tipo trocador de calor	1) Concent.→lateral: 2) Ad.→não ad.:	1) Pouca alteração 2) + 35 a + 40 %	1) Pouca alteração 2) + 82 a + 96 %
Tevap	---	Pequena	Pequena
Tis,e	---	Pequena	Pequena
D	+ 1 %	+ 2,2 %	+ 4,4 %
Posição trocador de calor	+ 10 cm (trocador colocado na região de saída do tubo capilar)	+ 2,2 %	+ 4,4 %
Rugosidade relativa	Tubo liso → Tubo rugoso (rug.rel. = 0.001)	- 3,3 %	- 6,5 %
Excentricidade tubo capilar	90 % de excentricidade	- 5,5 %	- 10,7 %
Troca de calor com ambiente	1) Isolado → não isolado (Tamb = 25 oC) 2) Não isolado (Tamb = 25 oC) → não isolado (Tamb = 35 oC)	1) + 5 % 2) - 3 %	1) + 10 % 2) - 5,9 %
Encurvamento tubo capilar	1) Tubo reto → raio curv. = 10 mm 2) Tubo reto → raio curv. = 3 mm	1) -7,4 % 2) -14,4 %	1) - 14,2 % 2) -26,8 %
Condução axial de de calor através paredes	---	Pequeno	Pequeno
Atraso de vaporização (apenas para tubo capilar adiabático)	+ 1 oC	1) + 2,7 % (DTsub entre 3 e 6 oC) 2) + 0,93 % (DTsub entre 6 e 12 oC)	+ 5,4 % + 1,9 %
Título na entrada	+ 0,1	- 27 %	- 47 %

Obs: Os valores apresentados representam a sensibilidade aproximada para os casos de referência apresentados no texto. Extrapolação dos resultados para outras condições deve ser evitada.

Tabela 5.11. Comparação entre resultados da literatura com resultados obtidos através do programa desenvolvido

Descrição do caso	Código	Valores USP		Valores Referência 1		Diferença		Valores Referência 2		Diferença		Valores Referência 3		Diferença		
		Lcalc (m)	Mcalc (kg/h)	Lcalc (m)	Mcalc (kg/h)	(%)	(%)	Lcalc (m)	Mcalc (kg/h)	(%)	(%)	Lcalc (m)	Mcalc (kg/h)	(%)	(%)	
Resultados de Escanes	ESC1	9,87 kg/h	10,26			-3,8										Ref. 1: Dados Numéricos Escanes Ref. 2: Dados Experimentais Whitesel
	ESC2	6,93 kg/h	6,41			6,6										
	ESC3	6,56 kg/h	6,7			-2,1										
	ESC4	4,55 kg/h	4,36			4,4										
	ESC5	11,28 kg/h	10,72			5,2										
	ESC6	6,67 kg/h	7,59			-12,1										
	ESC7	7,17 kg/h	7,13			0,6										
	ESC8	4,62 kg/h	5,06			-8,7										
	ESC9	20,663 kg/h	20,274			1,9		17,42		18,6						
	ESC10	17,685 kg/h	17,484			1,1		13,608		30,0						
	ESC11	49,164 kg/h	48,114			2,2		47,628		3,2						
	ESC12	27,899 kg/h	27,427			1,7		29,348		-4,9						
Resultados de Li	LI1R	1,52 m	1,5			1,3									Ref. 1: Dados Experimentais Li	
	LI1AR	1,75 m	1,5			16,7										
	LI2R	1,57 m	1,83			-14,2										
Resultados de Wijaya	LI2AR	1,72 m	1,83			-6,0									Ref. 1: Dados Experimentais Wijaya Ref. 2: Dados Numéricos Wijaya Ref. 3: Dados Numéricos Peixoto	
	WIJ1	4,89 kg/h	5,02			-2,6		4,36		12,2		4,77		2,5		
	WIJ2	5,57 kg/h	5,45			2,2		5,16		7,9		5,45		2,2		
	WIJ3	6,15 kg/h	5,97			3,0		5,8		6,0		5,99		2,7		
	WIJ4	6,27 kg/h	6,66			-5,9		5,64		11,2		6,23		0,6		
	WIJ5	7,03 kg/h	7,21			-2,5		6,49		8,3		6,94		1,3		
	WIJ6	7,65 kg/h	7,74			-1,2		7,18		6,5		7,52		1,7		
	WIJ7	4,89 kg/h	5,23			-6,5		4,49		8,9		4,82		1,5		
	WIJ8	5,6 kg/h	5,79			-3,3		5,32		5,3		5,53		1,3		
	WIJ9	6,15 kg/h	6,21			-1,0		5,91		4,1		6,04		1,8		
	WIJ10	6,37 kg/h	6,63			-3,9		5,67		12,3		6,37		0,0		
	WIJ11	7,15 kg/h	7,38			-3,1		6,6		8,3		7,1		0,7		
WIJ12	7,79 kg/h	8,23			-5,3		7,34		6,1		7,68		1,4			

Tabela 5.11. continuação.

Descrição do caso	Código	Valores USP		Valores Referência 1		Diferença		Valores Referência 2		Diferença		Valores Referência 3		Diferença		
		Lcalc (m)	Mcalc (kg/h)	Lcalc (m)	Mcalc (kg/h)	(%)	(%)	Lcalc (m)	Mcalc (kg/h)	(%)	(%)	Lcalc (m)	Mcalc (kg/h)	(%)	(%)	
Resultados de Drink	ARC11A	2,06	2,07	2,07	2,07	-0,5	0,0	2,07	2,07	-0,5	-0,4					Ref. 1: Dados Experimentais Drink Ref. 2: Dados Numéricos Drink
	ARC12A	2,24	2,24	2,24	2,24	0,0	0,0	2,25	2,25	0,0	-0,4					
	ARC13A	2,3	2,3	2,38	2,34	-3,4	-0,4	2,34	2,34	-1,7	-1,6					
	ARC14A	2,42	2,43	2,43	2,46	-0,4	-0,4	2,46	2,46	-1,6	-2,7					
	ARC1A	2,52	2,53	2,53	2,59	-0,4	-0,4	2,59	2,59	-2,7	-2,7					
	ARC15A	2,87	3,07	3,07	2,95	-6,5	3,8	2,95	3,49	0,6	0,6					
	ARC21A	3,51	3,38	3,38	3,95	3,8	-3,3	3,85	3,85	-0,8	-0,8					
	ARC22A	3,82	3,71	3,95	3,71	2,2	2,2	3,8	3,8	-0,3	-1,4					
	ARC2A	3,79	4,15	4,15	4,18	-0,7	2,6	4,18	4,18	-1,4	-1,6					
	ARC23A	4,12	4,22	4,22	4,4	1,6	1,6	4,4	4,4	1,6	1,6					
	ARC24A	4,33	4,44	4,44	4,44	0,0	0,0	4,44	4,44	0,0	0,0					
	ARC25A	4,51	4,44	4,44	4,44	0,0	0,0	4,44	4,44	0,0	0,0					
	ARC11	2,12	2,29	2,29	2,34	-7,4	-6,8	2,16	2,16	0,9	-1,6					
	ARC12	2,18	2,34	2,34	2,49	-8,8	-2,8	2,46	2,46	-1,6	-2,0					
	ARC13	2,42	2,66	2,66	2,66	-5,6	-5,6	2,56	2,56	-2,0	-3,3					
	ARC14	2,51	2,75	2,75	2,75	-5,1	-9,0	2,7	2,7	-3,3	-4,4					
	ARC15	2,84	3,12	3,12	3,12	-9,0	-5,5	2,97	2,97	-4,4	-1,4					
	ARC21	4,13	4,37	4,37	4,37	-5,5	-5,8	4,19	4,19	-2,1	-2,5					
	ARC22	4,21	4,47	4,47	4,47	-5,8	0,5	4,3	4,3	-2,1	-3,2					
	ARC2	4,3	4,28	4,28	4,84	6,4	0,9	4,41	4,41	-0,9	-4,6					
	ARC23	4,53	4,63	4,63	4,63	0,0	0,9	4,68	4,68	-0,6	-3,9					
	ARC24	4,67	4,63	4,63	4,63	0,0	-5,0	4,86	4,86	-4,6	-4,6					
	ARC25	4,95	5,21	5,21	5,21	-5,0		5,19	5,19							

Tabela 5.12. Condições operacionais e parâmetros utilizados nos casos analisados na tabela 5.11.

Descrição do caso	Código	Calc. L/M	Ad./N.Ad.	Lat./Conc.	Lic1 fix. (m)	Lhx fix. (m)	Lic2 fix. (m)	M fix. (kg/h)	Tcond (oC) PCond(bar)	Tevap (oC) Pevap (bar)	Dtic (mm)	De to (mm)	Dis (mm)	Fluido	DTsub (oC) Xg	Te, Is (oC)	Rug. rel.	UA amb (W/m.oC)	Tamb (oC)	Curvatura (Di,t/Rc)	Local (m) Mcalic (kg/h)
Resultados de Escane	ESC1	M	Ad.	-	3,658	-	-	-	8,273 bar	-25, oC	1,067	-	-	12	14, oC	-	0,0003	0	25,	0	9,87 kg/h
	ESC2	M	Ad.	-	3,658	-	-	-	8,273 bar	-25, oC	1,067	-	-	12	14, oC	-	0,0003	0	25,	0	6,83 kg/h
	ESC3	M	Ad.	-	3,658	-	-	-	8,273 bar	-25, oC	0,914	-	-	12	14, oC	-	0,0003	0	25,	0	6,56 kg/h
	ESC4	M	Ad.	-	3,658	-	-	-	8,273 bar	-25, oC	0,914	-	-	12	14, oC	-	0,0003	0	25,	0	4,55 kg/h
	ESC5	M	Ad.	-	3,658	-	-	-	9,652 bar	-25, oC	1,067	-	-	12	14, oC	-	0,0003	0	25,	0	11,28 kg/h
	ESC6	M	Ad.	-	3,658	-	-	-	9,652 bar	-25, oC	1,067	-	-	12	14, oC	-	0,0003	0	25,	0	6,87 kg/h
	ESC7	M	Ad.	-	3,658	-	-	-	9,652 bar	-25, oC	0,914	-	-	12	14, oC	-	0,0003	0	25,	0	7,17 kg/h
	ESC8	M	Ad.	-	3,658	-	-	-	9,652 bar	-25, oC	0,914	-	-	12	14, oC	-	0,0003	0	25,	0	4,62 kg/h
	ESC9	M	Ad.	-	1,524	-	-	-	8,969 bar	1,151 bar	1,778	-	-	12	0,339	-	0,0004	0	25,	0	20,663 kg/h
	ESC10	M	Ad.	-	1,524	-	-	-	8,921 bar	6,825 bar	1,778	-	-	12	0,215	-	0,0004	0	25,	0	17,865 kg/h
	ESC11	M	Ad.	-	1,524	-	-	-	12,533 bar	1,627 bar	1,778	-	-	12	0	-	0,0004	0	25,	0	48,114 kg/h
	ESC12	M	Ad.	-	1,524	-	-	-	13,078 bar	1,427 bar	1,778	-	-	12	0,407	-	0,0004	0	25,	0	27,427 kg/h
Resultados de Li	L1R	L	Ad.	-	-	-	-	12,24	8,4 bar	-25, oC	1,17	-	-	12	0,9 oC	-	0,003	0	25,	0	1,52 m
	L1AR	L	Ad.	-	-	-	-	12,24	8,4 bar	-25, oC	1,17	-	-	12	2,4 oC	-	0,003	0	25,	0	1,75 m
	L2R	L	Ad.	-	-	-	-	21,23	8,58 bar	-25, oC	1,41	-	-	12	3, oC	-	0,003	0	25,	0	1,57 m
	L2AR	L	Ad.	-	-	-	-	21,23	8,58 bar	-25, oC	1,41	-	-	12	4,2 oC	-	0,003	0	25,	0	1,72 m
Resultados de Wijaya	WIJ1	M	Ad.	-	2,438	-	-	-	9,25 bar	-25, oC	0,787	-	-	12	5,3 oC	-	-	0	25,	0	4,89 kg/h
	WIJ2	M	Ad.	-	2,438	-	-	-	9,32 bar	-25, oC	0,787	-	-	12	11,1 oC	-	-	0	25,	0	5,97 kg/h
	WIJ3	M	Ad.	-	2,438	-	-	-	9,34 bar	-25, oC	0,787	-	-	12	16,7 oC	-	-	0	25,	0	6,15 kg/h
	WIJ4	M	Ad.	-	2,438	-	-	-	13,8 bar	-25, oC	0,787	-	-	12	5,6 oC	-	-	0	25,	0	6,27 kg/h
	WIJ5	M	Ad.	-	2,438	-	-	-	13,9 bar	-25, oC	0,787	-	-	12	11,3 oC	-	-	0	25,	0	7,03 kg/h
	WIJ6	M	Ad.	-	2,438	-	-	-	13,9 bar	-25, oC	0,787	-	-	12	16,8 oC	-	-	0	25,	0	7,85 kg/h
	WIJ7	M	Ad.	-	2,438	-	-	-	9,85 bar	-25, oC	0,787	-	-	134a	5,8 oC	-	-	0	25,	0	4,89 kg/h
	WIJ8	M	Ad.	-	2,438	-	-	-	9,87 bar	-25, oC	0,787	-	-	134a	11,4 oC	-	-	0	25,	0	5,6 kg/h
	WIJ9	M	Ad.	-	2,438	-	-	-	9,84 bar	-25, oC	0,787	-	-	134a	16,7 oC	-	-	0	25,	0	6,15 kg/h
	WIJ10	M	Ad.	-	2,438	-	-	-	15,1 bar	-25, oC	0,787	-	-	134a	5,6 oC	-	-	0	25,	0	6,37 kg/h
	WIJ11	M	Ad.	-	2,438	-	-	-	15,1 bar	-25, oC	0,787	-	-	134a	11,3 oC	-	-	0	25,	0	7,15 kg/h
	WIJ12	M	Ad.	-	2,438	-	-	-	15,1 bar	-25, oC	0,787	-	-	134a	16,6 oC	-	-	0	25,	0	7,79 kg/h

Tabela 5.12. continuação

Descrição do caso	Código	Calc. LM	Ad./N.Ad.	Lat./Conc.	Lit1 fix (m)	Lhx fix (m)	Lit2 fix (m)	M fix (kg/h)	T cond (oC) P Cond(bar)	Tevap (oC) Pevap (bar)	Di tc (mm)	De tc (mm)	Dis (mm)	Fluido	DT sub (oC) Xe	Te, is (oC)	Rug. rel.	UA amb (W/m.oC)	Tamb (oC)	Curvatura (Di tc/Rc)	Local (m) Mcalc (kg/h)
Resultados de	ARC11A	M	Ad.	-	5,5	-	-	-	43,3 oC	-29,9 oC	0,66	-	-	134a	5,2 oC	-	0,0007	0	25	0	2,08 kg/h
Dirk	ARC12A	M	Ad.	-	5,5	-	-	-	43,3 oC	-29, oC	0,66	-	-	134a	5,7 oC	-	0,0007	0	25	0	2,24 kg/h
	ARC13A	M	Ad.	-	5,5	-	-	-	48,9 oC	-28, oC	0,66	-	-	134a	6,8 oC	-	0,0007	0	25	0	2,3 kg/h
	ARC14A	M	Ad.	-	5,5	-	-	-	48,9 oC	-27,2 oC	0,66	-	-	134a	8,9 oC	-	0,0007	0	25	0	2,42 kg/h
	ARC1A	M	Ad.	-	5,5	-	-	-	54,4 oC	-26, oC	0,66	-	-	134a	7,4 oC	-	0,0007	0	25	0	2,52 kg/h
	ARC15A	M	Ad.	-	5,5	-	-	-	54,4 oC	-23,5 oC	0,66	-	-	134a	14,7 oC	-	0,0007	0	25	0	2,87 kg/h
	ARC21A	M	Ad.	-	5,5	-	-	-	43,3 oC	-18,7 oC	0,8	-	-	134a	5,7 oC	-	0,0006	0	25	0	3,51 kg/h
	ARC22A	M	Ad.	-	5,5	-	-	-	43,3 oC	-17,2 oC	0,8	-	-	134a	9,6 oC	-	0,0006	0	25	0	3,82 kg/h
	ARC2A	M	Ad.	-	5,5	-	-	-	48,9 oC	-17,7 oC	0,8	-	-	134a	5,7 oC	-	0,0006	0	25	0	3,79 kg/h
	ARC23A	M	Ad.	-	5,5	-	-	-	48,9 oC	-15,9 oC	0,8	-	-	134a	9,6 oC	-	0,0006	0	25	0	4,12 kg/h
	ARC24A	M	Ad.	-	5,5	-	-	-	54,4 oC	-15, oC	0,8	-	-	134a	8,4 oC	-	0,0006	0	25	0	4,33 kg/h
	ARC25A	M	Ad.	-	5,5	-	-	-	54,4 oC	-14,2 oC	0,8	-	-	134a	10,8 oC	-	0,0006	0	25	0	4,51 kg/h
	ARC11	M	N.Ad	Conc	3,4	1,7	0,4	-	43,3 oC	-28,4 oC	0,66	2	5,6	134a	3,7 oC	-5,4	0,0007	0	25	0	2,12 kg/h
	ARC12	M	N.Ad	Conc	3,4	1,7	0,4	-	43,3 oC	-28,2 oC	0,66	2	5,6	134a	4,7 oC	-6	0,0007	0	25	0	2,18 kg/h
	ARC13	M	N.Ad	Conc	3,4	1,7	0,4	-	48,9 oC	-26,5 oC	0,66	2	5,6	134a	5,7 oC	-5,1	0,0007	0	25	0	2,42 kg/h
	ARC14	M	N.Ad	Conc	3,4	1,7	0,4	-	48,9 oC	-25,9 oC	0,66	2	5,6	134a	6,9 oC	-10,1	0,0007	0	25	0	2,51 kg/h
	ARC1	M	N.Ad	Conc	3,4	1,7	0,4	-	54,4 oC	-24, oC	0,66	2	5,6	134a	5,7 oC	-8,9	0,0007	0	25	0	2,61 kg/h
	ARC15	M	N.Ad	Conc	3,4	1,7	0,4	-	54,4 oC	-22,7 oC	0,66	2	5,6	134a	9,2 oC	-18	0,0007	0	25	0	2,84 kg/h
	ARC21	M	N.Ad	Conc	3,4	1,7	0,4	-	43,3 oC	-18,4 oC	0,8	2	5,6	134a	8,2 oC	-13,4	0,0006	0	25	0	4,13 kg/h
	ARC22	M	N.Ad	Conc	3,4	1,7	0,4	-	43,3 oC	-18,1 oC	0,8	2	5,6	134a	9,1 oC	-13,1	0,0006	0	25	0	4,21 kg/h
	ARC2	M	N.Ad	Conc	3,4	1,7	0,4	-	48,9 oC	-16,7 oC	0,8	2	5,6	134a	6,7 oC	-16,7	0,0006	0	25	0	4,3 kg/h
	ARC23	M	N.Ad	Conc	3,4	1,7	0,4	-	48,9 oC	-14,5 oC	0,8	2	5,6	134a	9,1 oC	-14	0,0006	0	25	0	4,53 kg/h
	ARC24	M	N.Ad	Conc	3,4	1,7	0,4	-	54,4 oC	-17, oC	0,8	2	5,6	134a	7,3 oC	-16,5	0,0006	0	25	0	4,67 kg/h
	ARC25	M	N.Ad	Conc	3,4	1,7	0,4	-	54,4 oC	-14,7 oC	0,8	2	5,6	134a	10,2 oC	-14	0,0006	0	25	0	4,85 kg/h