

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
FACULDADE DE ENFERMAGEM  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENFERMAGEM**

**JAQUELINE EVANGELISTA COSTA BEZERRA**

**LIMPEZA DE FERIDAS: CARACTERIZAÇÃO E VALIDAÇÃO DE PROTÓTIPO  
PARA AQUECIMENTO DE SORO FISIOLÓGICO E NORMATIZAÇÃO DE SEU  
USO EM UNIDADES AMBULATORIAIS**

**GOIÂNIA, 2015**

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS  
(TEDE) NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

**1. Identificação do material bibliográfico:**  **Dissertação**     **Tese**

**2. Identificação da Tese ou Dissertação**

Autor (a):	Jaqueline Evangelista da Costa Bezerra		
E-mail:	<a href="mailto:jaque.ufg@gmail.com">jaque.ufg@gmail.com</a>		
Seu e-mail pode ser disponibilizado na página? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não			
Vínculo empregatício do autor	Universidade Federal de Goiás		
Agência de fomento:			Sigla:
País: Brasil	UF: Goiás	CNPJ:	
Título:	Limpeza de feridas: caracterização e validação de protótipo para aquecimento de soro fisiológico e normatização de seu uso em unidades ambulatoriais		
Palavras-chave:	Feridas; Aquecimento; Transferência de calor; micro-ondas		
Título em outra língua:	Cleansing of wounds: characterization and validation of a prototype to heat the saline solution; and standardization of its use at ambulatory units.		
Palavras-chave em outra língua:	Wounds and injuries; Heating; Sodium chloride; Microwave		
Área de concentração:	A enfermagem no cuidado a saúde humana		
Data defesa: (dd/mm/aaaa)	09-11- 2015		
Programa de Pós-Graduação:	Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Enfermagem da Universidade Federal de Goiás		
Orientador (a):	Profª Dra. Maria Márcia Bachion		
E-mail:	<a href="mailto:mbachion@gmail.com">mbachion@gmail.com</a>		
Co-orientador (a):	José Wilson Lima Nerys		
E-mail:	<a href="mailto:jwilson@eee.ufg.br">jwilson@eee.ufg.br</a>		

**3. Informações de acesso ao documento:**

Liberação para disponibilização?<sup>1</sup>  total  parcial

Em caso de disponibilização parcial, assinale as permissões:

Capítulos. Especifique: \_\_\_\_\_

Outras restrições: \_\_\_\_\_

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do (s) arquivo(s) em formato digital PDF ou DOC da tese ou dissertação.

O Sistema da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações garante aos autores, que os arquivos contendo eletronicamente as teses e ou dissertações, antes de sua disponibilização, receberão procedimentos de segurança, criptografia (para não permitir cópia e extração de conteúdo, permitindo apenas impressão fraca) usando o padrão do Acrobat.

Data: 09 / 11 / 2015

\_\_\_\_\_  
Assinatura do (a) autor (a)

<sup>1</sup> Em caso de restrição, esta poderá ser mantida por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Todo resumo e meta dados ficarão sempre disponibilizados.

**JAQUELINE EVANGELISTA COSTA BEZERRA**

**LIMPEZA DE FERIDAS: CARACTERIZAÇÃO E VALIDAÇÃO DE PROTÓTIPO  
PARA AQUECIMENTO DE SORO FISIOLÓGICO E NORMATIZAÇÃO DE SEU  
USO EM UNIDADES AMBULATORIAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Enfermagem da Faculdade de Enfermagem da Universidade Federal de Goiás para a obtenção do título de Mestre em Enfermagem.

Área de concentração: A enfermagem no cuidado a saúde humana

Linha de pesquisa: Fundamentação teórica e desenvolvimento de tecnologias para a produção do conhecimento e para o cuidar em Saúde e Enfermagem

Orientador: Dra. Maria Márcia Bachion

Co-orientador: Dr. José Wilson Lima Nerys

GOIÂNIA, 2015

Ficha catalográfica elaborada automaticamente  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob orientação do Sibi/UFG.

Bezerra, Jaqueline Evangelista da Costa

Limpeza de feridas [manuscrito] : caracterização e validação de protótipo para aquecimento de soro fisiológico e normatização de seu uso em unidades ambulatoriais / Jaqueline Evangelista da Costa Bezerra. - 2015.

217 f.: il.

Orientador: Profa. Dra. Maria Márcia Bachion; co-orientador Dr. José Wilson Lima Nerys.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Enfermagem (FEN) , Programa de Pós-Graduação em Enfermagem, Goiânia, 2015.

Bibliografia. Apêndice.

Inclui gráfico, tabelas, algoritmos, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Feridas . 2. Aquecimento. 3. Solução salina. 4. Micro-ondas. I. Bachion, Maria Márcia , orient. II. Nerys, José Wilson Lima , co orient. III. Título.

# **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**JAQUELINE EVANGELISTA DA COSTA BEZERRA**

## **LIMPEZA DE FERIDAS: CARACTERIZAÇÃO E VALIDAÇÃO DE PROTÓTIPO PARA AQUECIMENTO DE SORO FISIOLÓGICO E NORMATIZAÇÃO DE SEU USO EM UNIDADES AMBULATORIAIS**

*Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Enfermagem da Faculdade de Enfermagem da Universidade Federal de Goiás para a obtenção do título de Mestre em Enfermagem.*

Aprovada em 09 de novembro de 2015.

**BANCA EXAMINADORA:**

**Profª Dra. Maria Márcia Bachion – Presidente da Banca  
Faculdade de Enfermagem - Universidade Federal de Goiás**

**Prof. Dr. José Wilson Lima Nerys - Membro efetivo, externo ao Programa  
Escola de Engenharia Elétrica e de Computação - Universidade Federal de Goiás**

**Prof. Dr. Marcus Fraga Vieira – Membro efetivo externo ao Programa  
Faculdade de Educação Física - Universidade Federal de Goiás**

**Profª Dra. Lílian Varanda Pereira - Membro efetivo do Programa  
Faculdade de Enfermagem - Universidade Federal de Goiás**

*Às pessoas com feridas, em especial  
ao Pastor José Acurso Farias, in  
memoriam.*

## **AGRADECIMENTOS**

*Agradeço a Deus, meu Senhor e Salvador, por estar sempre comigo dando sabedoria e força, em especial no período em que realizei este estudo.*

*À minha orientadora, Professora **Dra. Maria Márcia Bachion**, pelas orientações, compreensão, ensinamentos e paciência.*

*Ao meu co-orientador, Professor **Dr. José Wilson Nerys**, pelas orientações, apoio e incentivo.*

*Ao colega, servidor técnico-administrativo da Universidade Federal de Goiás, **Gustavo Souto de Sá e Souza**, responsável pelo Laboratório de Engenharia Elétrica, que compartilhou seus conhecimentos e o desenvolvimento de todo processo de engenharia reversa do forno de micro-ondas. Obrigada por seu auxílio e estímulo na realização dos experimentos relacionados a este estudo.*

*Aos membros do **NUTADIES** (Núcleo de Estudos e Pesquisas em Tecnologias de Avaliação, Diagnóstico e Intervenção de Enfermagem e Saúde), em especial à bolsista de iniciação científica, **Geisell Castro da Silva**, pela dedicação e contribuição ao trabalho desenvolvido, e ao enfermeiro **Rodrigo Cardoso da Silva**, pelo auxílio nas medidas experimentais de temperatura.*

*Ao meu marido, **José Mauro Bezerra**, pelo amor incondicional e companheirismo, pelo incentivo e auxílio com toda paciência nas etapas da execução deste estudo.*

*À minha filha **Juliet Evangelista Bezerra**, pelo carinho e compreensão.*

*Aos meus pais João Evangelista da Costa e Rosalina Marques da Costa, pelo incentivo, orações e apoio necessário para a concretização deste estudo.*

*À vovó Rita Peixoto Bezerra (sogra), pelo cuidado, proteção e dedicação.*

*Ao colega, servidor técnico administrativo da UFG, enfermeiro Raphael Brandão Pereira, pelo apoio e contribuição na formatação da dissertação.*

*À equipe da biblioteca, pela presteza e eficiência, em especial à Célia Márcia da Costa de Assis, pela paciência e dedicação.*

*Ao professor Dr. Hélio Galdino Junior e à professora Dra. Lílian Varanda Pereira, pelas sugestões no Exame de Qualificação.*

*A professora Dra. Silvana de Lima Vieira dos Santos, pela ajuda no desenvolvimento do referencial teórico de limpeza e desinfecção de superfície do equipamento.*

*A todas as colegas da turma de Mestrado, em especial à Cristiane Teixeira, pela amizade e apoio.*

*A todos os colegas de trabalho, pelo carinho e apoio.*

*A todos os meus amigos que entenderam a distância e me apoiaram.*

*À Direção da Faculdade de Enfermagem, Coordenação do Curso de Enfermagem e demais professores, pelo apoio e incentivo.*

## SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	9
LISTA DE TABELAS.....	18
LISTA DE FÓRMULAS.....	20
RESUMO.....	21
ABSTRACT.....	22
RESUMEN.....	23
APRESENTAÇÃO.....	24
1.INTRODUÇÃO.....	25
2.OBJETIVOS.....	29
3.REFERENCIAL TEÓRICO.....	30
3.1 Limpeza de ferida com solução aquecida.....	30
3.2 Transferência e conservação de calor .....	32
3.3 Engenharia reversa .....	42
3.4 Segurança de equipamentos.....	43
3.5 Limpeza e desinfecção de superfície de equipamentos.....	45
4.METODOLOGIA .....	46
4.1 Tipo de estudo .....	46
4.2 Local de estudo .....	46
4.3 Objeto de estudo .....	46
4.4 Confecção do sistema .....	46
4.5 Variáveis e descrição .....	47
4.6 Análises dos dados.....	51
4.7 Aspectos ético-legais.....	52
5.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
5.1 Desenvolvimento e testes de protótipos .....	53
5.1.1 Protótipo 1: aquecimento por células de Peltier .....	53
Etapa I - Criação de maquete.....	53
Etapa II - Desenvolvimento mecânico .....	54
Etapa III - Desenvolvimento elétrico e eletrônico.....	58
Ensaio.....	64
Discussão .....	67
5.1.2 Protótipo 2: aquecimento por meio de resistência .....	68
Etapa I - Desenvolvimento mecânico .....	68
Etapa II - Desenvolvimento elétrico e eletrônico.....	70

Ensaio.....	71
Discussão .....	75
<b>5.1.3 Protótipo 3: aquecimento por micro-ondas.....</b>	<b>76</b>
Etapa I - Estrutura mecânica .....	76
Etapa II: Desenvolvimento elétrico e eletrônico.....	77
Ensaio.....	89
Discussão.....	124
<b>5.2 Determinação do número de agitação dos frascos de solução, de modo a homogeneizar a solução .....</b>	<b>125</b>
<b>5.3 Determinação do tempo em que a temperatura ideal da solução aquecida se mantém no ambiente em uma superfície padrão.....</b>	<b>147</b>
<b>6.CONCLUSÃO.....</b>	<b>173</b>
<b>7.REFERÊNCIAS.....</b>	<b>174</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>182</b>
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>183</b>
<b>APÊNDICE C.....</b>	<b>184</b>
<b>APÊNDICE D.....</b>	<b>187</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Espectro eletromagnético: representa os comprimentos dos diversos tipos de ondas eletromagnéticas.....	35
Figura 2 -	Esquema de comportamento das micro-ondas dentro de um forno micro-ondas, vista superior.....	37
Figura 3 -	Esquema representando a polarização das moléculas de água sob influência e ação de um campo eletromagnético.....	39
Figura 4 -	Termômetro digital termo-higrômetro (MT-240- Minipa) com registro de temperatura interna, externa e umidade e relógio integrado.....	48
Figura 5 -	Transdutor de temperatura utilizado no interior do protótipo e dentro das soluções fisiológicas.....	49
Figura 6 -	Termômetro a laser modelo Infrared DT 380, usado para medir a temperatura de superfícies e soluções.....	49
Figura 7 -	Locais de verificação da temperatura das soluções em embalagens rígidas, com demarcação do ponto para incidência do feixe infravermelho.....	50
Figura 8 -	Locais de verificação da temperatura das soluções em embalagens flexíveis, com demarcação do ponto para incidência do feixe infravermelho.....	50
Figura 9 -	Gráfico digital produzido mediante a leitura da temperatura em tempo real.....	51
Figura 10 -	Cálculo da capacidade de volume, em litros, para o protótipo de aquecimento.....	54
Figura 11 -	Maquete do protótipo de aquecimento, vista frontal.....	54
Figura 12 -	Esquema do protótipo de aquecimento – faces lateral e anterior.	56
Figura 13 -	Esquema do protótipo de aquecimento – face posterior.....	56
Figura 14 -	Disposição dos frascos de soro – espaço interno.....	57
Figura 15 -	Determinação da capacidade do protótipo de modo a abrigar seis frascos de soro de 1000 ml.....	57
Figura 16 -	Visão interna da Célula de Peltier.....	58
Figura 17 -	Célula de Peltier usada no protótipo 1 de aquecimento de soluções.....	59

Figura 18 -	Posicionamento das células de Peltier, vista externa.....	60
Figura 19 -	Fonte de alimentação localizada na parte posterior do protótipo 1.	60
Figura 20 -	Transdutor de temperatura-LM 35.....	61
Figura 21 -	Disposição interna dos soros no protótipo 1 .....	61
Figura 22 -	Display LCD localizado na parte frontal do protótipo 1.....	62
Figura 23 -	Teste simulado do circuito de potência no <i>software</i> Proteus <sup>R</sup> .....	63
Figura 24 -	Disposição dos dissipadores - vista externa.....	64
Figura 25 -	Local de instalação do <i>cooler</i> – parte superior interna.....	66
Figura 26 -	Protótipo 2: vista frontal.....	68
Figura 27 -	Protótipo 2: vista lateral.....	69
Figura 28 -	Isolante térmico: fibra cerâmica na forma de rolo.....	69
Figura 29 -	Disposição das resistências elétricas no protótipo de aquecimento de soluções.....	70
Figura 30 -	Câmara de madeira em forma prismática para comportar os <i>coolers</i> .....	71
Figura 31 -	Resistência em espiral instalada no compartimento central da câmara.....	72
Figura 32 -	Gabinete de aquecimento: furos na parte inferior.....	72
Figura 33 -	Forno micro-ondas a partir do qual se desenvolveu o protótipo 3.	76
Figura 34 -	Terminais da fita condutora.....	78
Figura 35 -	Identificação do circuito elétrico com o uso de um multímetro.....	79
Figura 36 -	Osciloscópio utilizado para medir a amplitude e frequência do sinal elétrico.....	80
Figura 37 -	Código decodificado após a identificação de funcionamento.....	80
Figura 38 -	Arduino.....	81

Figura 39 -	Máscara do circuito em papel.....	82
Figura 40 -	Placa de circuito cobreada virgem.....	82
Figura 41 -	Transferência por meio de ferro de passar em alta temperatura...	83
Figura 42 -	Placa de molho em água.....	83
Figura 43 -	Retoques da placa de circuito eletrônico.....	84
Figura 44 -	Mergulho em percloroeto de ferro.....	84
Figura 45 -	Placa de circuito eletrônico adaptada ao painel do FMO.....	85
Figura 46 -	Circuito elétrico eletrônico adaptado do FMO.....	86
Figura 47 -	Média de temperaturas na superfície externa do forno micro-ondas adaptado, após 8 horas de uso.....	87
a -	Superfície externa do forno micro-ondas adaptado.....	87
b -	Parte externa e lateral do forno micro-ondas adaptado.....	87
Figura 48 -	Temperaturas na superfície interna do forno micro-ondas adaptado, após 8 horas de uso.....	87
a -	Parte externa e lateral do FMO adaptado.....	87
b -	Parte interna da porta do FMO.....	87
c -	Prato giratório do FMO adaptado.....	87
Figura 49 -	Forno micro-ondas adaptado para aquecimento de soluções na área de saúde – FMO-AAS-AS.....	88
Figura 50 -	Frascos suspensos para demarcação do nível da solução e delimitação dos terços.....	90
Figura 51 -	Proposta de algoritmo para implementar a engenharia reversa no forno micro-ondas.....	123
Figura 52 -	Forno micro-ondas adaptado para aquecimento de soluções na área de saúde – FMO-AAS-AS.....	123
Figura 53 -	Posicionamento do transdutor de temperatura dentro do frasco ....	147
Gráfico 1 -	Temperatura interna do gabinete de aquecimento e temperatura da solução (°C) ao longo do tempo (em minutos) utilizando a tecnologia de células de Peltier.....	66
Gráfico 2 -	Variação da temperatura no interior do protótipo 2 – resistência elétrica, sem carga ao longo de 5 minutos.....	73

Gráfico 3 -	Temperaturas no protótipo 2 – resistência elétrica, ao longo de 60 minutos, com carga máxima de seis frascos de soros de 1000 mililitros.....	74
Gráfico 4 -	Comportamento das temperaturas no protótipo com carga máxima de seis soros de 1000 mililitros.....	74
Gráfico 5 -	Média da temperatura obtida nos terços dos frascos de soro de 100 mililitros - embalagem rígida, e média geral da temperatura, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.....	92
Gráfico 6 -	Variação da temperatura do soro no frasco rígido de 100 mililitros ao longo do tempo de aquecimento em um forno micro-ondas.....	92
Gráfico 7 -	Média da temperatura obtida nos terços dos frascos de soro de 100 mililitros - embalagem flexível, e média geral da temperatura, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.....	95
Gráfico 8 -	Variação da temperatura do soro no frasco flexível de 100 mililitros ao longo do tempo de aquecimento em um forno micro-ondas.....	95
Gráfico 9 -	Média da temperatura obtida nos terços dos frascos de soro de 250 mililitros - embalagem rígida, e média geral da temperatura, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.....	98
Gráfico 10 -	Variação da temperatura do soro no frasco rígido de 250 mililitros ao longo do tempo de aquecimento em um forno micro-ondas.....	98
Gráfico 11 -	Média da temperatura obtida nos terços dos frascos de soro de 250 mililitros - embalagem flexível, e média geral da temperatura, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.....	101
Gráfico 12 -	Variação da temperatura do soro no frasco flexível de 250 mililitros ao longo do tempo de aquecimento em um forno micro-ondas.....	101
Gráfico 13 -	Média da temperatura obtida nos terços dos frascos de soro de 500 mililitros - embalagem rígida, e média geral da temperatura, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.....	105
Gráfico 14 -	Variação da temperatura do soro no frasco rígido de 500 mililitros ao longo do tempo de aquecimento em um forno micro-ondas.....	105

Gráfico 15 -	Média da temperatura obtida nos terços dos frascos de soro de 500 mililitros - embalagem flexível, e média geral da temperatura, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.....	109
Gráfico 16 -	Variação da temperatura do soro no frasco flexível de 500 mililitros ao longo do tempo de aquecimento em um forno micro-ondas.....	109
Gráfico 17 -	Média da temperatura obtida nos terços dos frascos de soro de 1000 mililitros - embalagem rígida, e média geral da temperatura, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.....	115
Gráfico 18 -	Variação da temperatura do soro no frasco rígido de 1000 mililitros ao longo do tempo de aquecimento em um forno micro-ondas.....	115
Gráfico 19 -	Média da temperatura obtida nos terços dos frascos de soro de 1000 mililitros - embalagem flexível, e média geral da temperatura, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.....	121
Gráfico 20 -	Variação da temperatura do soro no frasco flexível de 1000 mililitros ao longo do tempo de aquecimento em um forno micro-ondas .....	121
Gráfico 21 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 100 mililitros sem agitação.....	125
Gráfico 22 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 100 mililitros com 1 agitação.....	126
Gráfico 23 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 100 mililitros com 2 agitações.....	126
Gráfico 24 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 100 mililitros com 3 agitações.....	127
Gráfico 25 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 100 mililitros com 4 agitações.....	127
Gráfico 26 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 100 mililitros com 5 agitações.....	128
Gráfico 27 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 100 mililitros sem agitação.....	128

Gráfico 28 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 100 mililitros com 1 agitação.....	129
Gráfico 29 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 100 mililitros com 2 agitações.....	129
Gráfico 30 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 100 mililitros com 3 agitações.....	129
Gráfico 31 -	Temperaturas nos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 100 mililitros com 4 agitações.....	130
Gráfico 32 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexível de soro fisiológico de 100 mililitros com 5 agitações.....	130
Gráfico 33 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 250 mililitros sem agitação.....	131
Gráfico 34 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 250 mililitros com 1 agitação.....	131
Gráfico 35 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 250 mililitros com 2 agitações.....	131
Gráfico 36 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 250 mililitros com 3 agitações.....	132
Gráfico 37 -	Temperaturas do terço inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 250 mililitros com 4 agitações.....	132
Gráfico 38 -	Temperaturas do terço inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 250 mililitros com 5 agitações.....	132
Gráfico 39 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 250 mililitros sem agitação.....	133
Gráfico 40 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 250 mililitros com 1 agitação.....	133
Gráfico 41 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 250 mililitros com 2 agitações.....	134
Gráfico 42 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 250 mililitros com 3 agitações.....	134

Gráfico 43 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 250 mililitros com 4 agitações.....	134
Gráfico 44 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 250 mililitros com 5 agitações.....	135
Gráfico 45 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 500 mililitros sem agitação.....	135
Gráfico 46 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 500 mililitros com 1 agitação.....	136
Gráfico 47 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 500 mililitros com 2 agitações.....	136
Gráfico 48 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 500 mililitros com 3 agitações.....	136
Gráfico 49 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 500 mililitros com 4 agitações.....	137
Gráfico 50 -	Temperaturas do terço inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 500 mililitros com 5 agitações.....	137
Gráfico 51 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 500 mililitros sem agitação.....	138
Gráfico 52 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 500 mililitros com 1 agitação.....	138
Gráfico 53 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 500 mililitros com 2 agitações.....	138
Gráfico 54 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 500 mililitros com 3 agitações.....	139
Gráfico 55 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 500 mililitros com 4 agitações.....	139
Gráfico 56 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 500 mililitros com 5 agitações.....	139
Gráfico 57 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 1000 mililitros sem agitação.....	140

Gráfico 58 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 1000 mililitros com 1 agitação.....	140
Gráfico 59 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 1000 mililitros com 2 agitações.....	141
Gráfico 60 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 1000 mililitros com 3 agitações.....	141
Gráfico 61 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 1000 mililitros com 4 agitações.....	141
Gráfico 62 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 1000 mililitros com 5 agitações.....	142
Gráfico 63 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 1000 mililitros sem agitação.....	142
Gráfico 64 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 1000 mililitros com 1 agitação.....	143
Gráfico 65 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 1000 mililitros com 2 agitações.....	143
Gráfico 66 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 1000 mililitros com 3 agitações.....	143
Gráfico 67 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 1000 mililitros com 4 agitações.....	144
Gráfico 68 -	Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 1000 mililitros com 5 agitações.....	144
Gráfico 69 -	Resfriamento do soro em frasco rígido de 100 mililitros com temperatura inicial de 38 °C, ao longo de 9300 segundos, à temperatura ambiente de 24,8 °C e umidade do ar de 51%.....	149
Gráfico 70 -	Resfriamento do soro em frasco rígido de 100 mililitros com temperatura inicial de 38 °C, ao logo de 9300 segundos à temperatura ambiente de 28,4°C e umidade do ar de 51%.....	151
Gráfico 71 -	Resfriamento do soro em frasco flexível de 100 mililitros com temperatura inicial de 40,1 °C, ao longo de 9600 segundos à temperatura ambiente de 24,8 °C e umidade do ar de 50%.....	152

Gráfico 72 -	Resfriamento do soro em frasco flexível de 100 mililitros com temperatura inicial de 40,1°C, temperatura ambiente de 24,8 °C e umidade do ar de 50%.....	153
Gráfico 73 -	Resfriamento do soro em frasco rígido de 250 mililitros com temperatura inicial de 41,5 °C ao longo de 11160 segundos à temperatura ambiente de 25,5 °C e umidade do ar de 43%.....	154
Gráfico 74 -	Resfriamento do soro em frasco rígido de 250 mililitros com temperatura inicial de 41,5 °C, temperatura ambiente de 25,5 °C e umidade do ar de 43%.....	156
Gráfico 75 -	Resfriamento do soro em frasco flexível de 250 mililitros com temperatura inicial de 41,7 °C, ao longo de 11220 segundos à temperatura ambiente de 25,5 °C e umidade do ar de 42%.....	156
Gráfico 76 -	Resfriamento do soro em frasco flexível de 250 mililitros com temperatura inicial de 41,7 °C, temperatura ambiente de 25 °C e umidade do ar de 42%.....	158
Gráfico 77 -	Resfriamento do soro em frasco rígido de 500 mililitros com temperatura inicial de 41,2 °C, ao longo de 19800 minutos à temperatura ambiente de 25,5 °C e umidade do ar de 43%.....	159
Gráfico 78 -	Resfriamento do soro em frasco rígido de 500 mililitros com temperatura inicial de 41,2 °C, temperatura ambiente de 25,5 °C e umidade do ar de 43 %.....	161
Gráfico 79 -	Resfriamento do soro em frasco flexível de 500 mililitros com temperatura inicial de 40 °C, ao longo de 12600 segundos à temperatura ambiente de 28 °C e umidade do ar de 39%.....	162
Gráfico 80 -	Resfriamento do soro em frasco flexível de 500 mililitros com temperatura inicial de 40 °C, temperatura ambiente de 28 °C e umidade do ar de 39 %.....	164
Gráfico 81 -	Resfriamento do soro em frasco rígido de 1000 mililitros com temperatura inicial de 41,1 °C, ao longo de 28570 segundos à temperatura ambiente de 25,1 °C e umidade do ar de 42%.....	165
Gráfico 82 -	Resfriamento do soro em frasco rígido de 1000 mililitros com temperatura inicial de 41,1 °C, temperatura ambiente de 25,1 °C e umidade do ar de 42 %.....	167

Gráfico 83 -	Resfriamento do soro em frasco flexível de 1000 mililitros com temperatura inicial de 41,5 °C, ao longo de 28330 segundos à temperatura ambiente de 25,1 °C e umidade do ar de 40%.....	168
Gráfico 84 -	Resfriamento do soro em frasco flexível de 1000 mililitros com temperatura inicial de 41,5 °C, temperatura ambiente de 25,1 °C e umidade do ar de 40 %.....	170
Quadro 1 -	Protocolo de procedimentos de segurança para o uso de forno micro-ondas de uso doméstico em unidades de saúde.....	27
Quadro 2 -	Proposta para o dimensionamento físico do protótipo de aquecimento.....	53
Quadro 3 -	Ficha técnica do isolante térmico do tipo poliestireno extrudido.....	55
Quadro 4 -	Características técnicas das células de Peltier .....	59
Quadro 5 -	Características físicas da fibra cerâmica.....	70

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Temperatura no interior do protótipo e dentro do frasco rígido de solução fisiológica de 1000 mililitros.....	65
Tabela 2 -	Tempo em que os frascos de soro rígido e flexível de diferentes volumes (100 mililitros, 250 mililitros, 500 mililitros e 1000 mililitros) atingiram a temperatura de 40 °C no forno micro-ondas.....	78
Tabela 3 -	Temperatura obtida em frasco de soro de 100 mililitros - embalagem rígida, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.....	91
Tabela 4 -	Temperatura obtida em frasco de soro de 100 mililitros - embalagem flexível, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.....	93
Tabela 5 -	Temperatura obtida em frasco de soro de 250 mililitros – embalagem rígida, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.....	96
Tabela 6 -	Temperatura obtida em frasco de soro de 250 mililitros – embalagem flexível, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.....	99
Tabela 7 -	Temperatura obtida em frasco de soro de 500 mililitros – embalagem rígida, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.....	102
Tabela 8 -	Temperatura obtida em frasco de soro de 500 mililitros – embalagem flexível, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.....	106
Tabela 9 -	Temperatura obtida em frasco de soro de 1000 mililitros – embalagem rígida, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.....	110
Tabela 10 -	Temperatura obtida em frasco de soro de 1000 mililitros I – embalagem flexível, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.....	116
Tabela 11 -	Tempo que cada frasco de soro fisiológico (100 mililitros, 250 mililitros, 500 mililitros e 1000 mililitros) leva para atingir a temperatura de 40 °C no forno micro-ondas e seus respectivos coeficientes de inclinação da reta ( $k$ ) .....	122

Tabela 12 -	Resfriamento do soro rígido de 100 mililitros com temperatura inicial de 38 °C, ao longo de 15 minutos de exposição a temperatura ambiente de 24,8 °C e umidade do ar de 51 % .....	150
Tabela 13 -	Resfriamento do soro flexível de 100 mililitros com temperatura inicial de 40,1 °C, ao longo de 15 minutos de exposição a temperatura ambiente de 24,8 °C e umidade do ar de 50%.....	153
Tabela 14 -	Resfriamento do soro rígido de 250 mililitros com temperatura inicial de 41,5 °C, ao longo de 15 minutos de exposição a temperatura ambiente de 25,5 °C e umidade do ar de 43%.....	155
Tabela 15 -	Resfriamento do soro flexível de 250 mililitros com temperatura inicial de 41,7 °C, ao longo de 15 minutos de exposição a temperatura ambiente de 25,5 °C e umidade do ar de 42%.....	157
Tabela 16 -	Resfriamento do soro rígido de 500 mililitros com temperatura inicial de 41,2 °C, ao longo de 15 minutos de exposição a temperatura ambiente de 25,5 °C e umidade do ar de 43 %.....	160
Tabela 17 -	Resfriamento do soro flexível de 500 mililitros com temperatura inicial de 40 °C, ao longo de 15 minutos de exposição a temperatura ambiente de 28 °C e umidade do ar de 39 %.....	163
Tabela 18 -	Resfriamento do soro rígido de 1000 mililitros com temperatura inicial de 41,1 °C, ao longo de 15 minutos de exposição a temperatura ambiente de 25,1 °C e umidade do ar de 42 %.....	166
Tabela 19 -	Resfriamento do soro flexível de 1000 mililitros com temperatura inicial de 41,5 °C, ao longo de 15 minutos de exposição a temperatura ambiente de 25,1 °C e umidade do ar de 40 %.....	169
Tabela 20 -	Distribuição dos frascos de soro segundo o tipo de invólucro, volume e tempo decorrido até o resfriamento à temperatura aproximada de 37 °C, no ambiente a temperatura de 25,5 a 28 °C e umidade relativa do ar de 39% a 51%.....	171

## LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula 1 -	Fórmula para calcular o tempo de aquecimento tendo como parâmetro o forno micro-ondas de 900 W de potência.....	26
Fórmula 2 -	Equação da Lei de condução de Fourier.....	32
Fórmula 3 -	Equação diferencial da Lei do Resfriamento.....	41
Fórmula 4 -	Equação da temperatura em função do tempo.....	41

## RESUMO

Bezerra, JEC. **Limpeza de feridas: caracterização e validação de protótipo para aquecimento de soro fisiológico e normatização de seu uso em unidades ambulatoriais**. 2015. 217p. Dissertação (Mestrado em Enfermagem) - Faculdade de Enfermagem, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

Embora a literatura evidencie a importância de usar solução aquecida para a limpeza de feridas durante a realização de curativo, ainda não existe um procedimento seguro e acessível para o aquecimento de soluções com essa finalidade. **Objetivos:** Testar a eficácia de equipamentos produzidos para aquecer soro fisiológico destinado ao tratamento de feridas em ambulatório de curativos; identificar o tempo para o resfriamento do soro fisiológico aquecido, quando exposto à temperatura ambiente. **Método:** Estudo experimental de inovação tecnológica realizado em três etapas: desenvolvimento de protótipo; teste de eficácia para aquecimento de frascos de soro fisiológico; determinação do tempo de usabilidade das soluções aquecidas. **Resultado:** Desenvolveram-se três protótipos: um de aquecimento mediante células de Peltier, outro de aquecimento por resistência e outro por radiação eletromagnética, com diferentes resultados em relação à eficácia. O tempo de resfriamento variou de 3 a 35 minutos, dependendo do aquecimento inicial e do tamanho do frasco e tipo de invólucro. **Conclusão:** O protótipo que melhor atendeu à finalidade de aquecimento seguro das soluções foi o micro-ondas adaptado por engenharia reversa, a partir de parâmetros de normatização criados nesta pesquisa. O protótipo foi eficaz para aquecer frascos exceto o de 100 ml de embalagem rígida, que não alcançou a temperatura desejada, porém isso não inviabiliza a sua utilização no tratamento de feridas. As soluções aquecidas apresentaram tempo de usabilidade diferenciado em relação ao volume dos frascos. Na prática clínica pode-se recomendar a usabilidade dos frascos de 100 a 250 ml por 10 minutos (exceto para a embalagem rígida de 100 ml, que é 3 minutos) e de 20 minutos para os frascos maiores.

**Palavras-chave:** Feridas; Aquecimento; Solução salina; Micro-ondas.

## ABSTRACT

Bezerra, JEC. **Cleansing of wounds: characterization and validation of a prototype to heat the saline solution; and standardization of its use at ambulatory units.** 2015. 217p. Dissertation (Mastering in Nursing) - School of Nursing, Federal University of Goiás, Goiânia, 2015.

Although the literature evidence the importance of using heated solution to clean injuries while doing a curative, there is not a safe and accessible procedure to heat solutions for this purpose yet. **Objective:** Test the efficiency of equipment produced to heat saline solution applied to treat injuries at ambulatory of curative; identify the time to cold the heated saline solution when exposed to the environmental temperature. **Objective:** Test the efficiency of equipment produced to heat saline solution applied to treat injuries at ambulatory of curative; identify the time to cold the heated saline solution when exposed to the environmental temperature. **Method:** Experimental study of technological innovation accomplished in three stages: the prototype development; efficiency test of heating saline solution flacons; instruction of the using time of the heated solutions. **Result:** It was developed three prototypes: one of heating by means of Peltier cells, other one of heating by resistance and another one by electromagnetic irradiation, with different results regarding the efficiency. The time of cooling varied from 3 to 35 minutes, depending on the inicial heating, the size of the flacon and the type of wrapper **Conclusion:** The prototype that best complied with the purpose of safe heating of the solutions was the adapted microwave by reverse engineering, from parameters of standardization created at this research. The prototype was efficient to heat flacons except the 100-ml -tough wrapper flacon which did not reach the expected temperature, however it does not derail its use at wounds treatment. The heated solutions presented time of use differed in relation to the volume of the flacons. At clinical practice can be recommended the use of the flacons of 100 ml to 250 ml per 10 minutes ( except the 100- ml- tough flacon, which is 3 minutes) and of 20 minutes for larger flacons.

**Key-words:** Wounds; Heating; Saline solution; Microwave

## RESUMEN

Bezerra, JEC. **Limpieza de heridas: caracterización y validez de prototipo para calentamiento de suero fisiológico y normatización de su uso en unidades ambulatoriales.** 2015. 217p. Disertación (Mestría en Enfermería) - Facultad de Enfermería, Universidad Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

Aunque la literatura evidencie la importancia de usar solución calentada, para la limpieza de heridas durante la realización de curativo, todavía no existe un procedimiento seguro y accesible para el calentamiento de soluciones con esa finalidad. **Objetivos:** Probar la eficacia de equipos producidos para calentar suero fisiológico destinado al tratamiento de heridas en ambulatorio de curativos; identificar el tiempo para enfriar el suero fisiológico calentado, cuando expuesto a temperatura ambiente. **Método:** Estudio experimental de innovación tecnológica realizado en tres etapas: desarrollo de prototipo; prueba de eficacia para calentamiento de frascos de suero fisiológico; determinación del tiempo de uso de las soluciones calentadas. **Resultado:** Se desarrollaron tres prototipos: uno de calentamiento mediante células de Peltier, otro de calentamiento por resistencia y otro por radiación electromagnética, con diferentes resultados en relación a la eficacia. El tiempo de enfriamiento varió de 3 a 35 minutos, dependiendo del calentamiento inicial y del tamaño del frasco y tipo de envoltorio. **Conclusión:** El prototipo que atendió mejor la finalidad de calentamiento seguro de las soluciones fue el micro-ondas adaptado por ingeniería reversa, a partir de parámetros de normalización creados en esta investigación. El prototipo fue eficaz para calentar frascos excepto el de 100 ml de embalaje rígido, que no alcanzó la temperatura deseada, sin embargo, eso no inviabiliza su utilización en el tratamiento de heridas. Las soluciones calentadas presentaron tiempo de utilidad diferenciado en relación al volumen de los frascos. En la práctica clínica se puede recomendar la utilización de los frascos de 100 a 250 ml por 10 minutos (excepto para embalaje rígido de 100 ml, que es 3 minutos) y de 20 minutos para los frascos mayores.

**Palabras-clave:** Heridas; Calentamiento; Solución salina; Micro-ondas.

## **APRESENTAÇÃO**

Ao inserir-me na Rede Goiana de Pesquisa em Avaliação e Tratamento de Feridas (constituída pela Universidade Federal de Goiás, Secretaria Municipal de Saúde, Associação de Combate ao Câncer de Goiás e Centro de Reabilitação e Readaptação Dr. Henrique Santillo), participei do projeto de pesquisa “Avaliação de úlceras venosas de estase no contexto do atendimento ambulatorial na Rede Municipal de Saúde de Goiânia: ampliando as perspectivas”. Durante o processo de coleta de dados nas salas de curativos, deparei-me com a dificuldade dos profissionais em aquecer as soluções utilizadas na limpeza das feridas. Este cenário me estimulou a pensar na importância de contribuir com o desenvolvimento de uma tecnologia simples, de fácil uso na atenção primária, capaz de produzir aquecimento de soluções de forma segura e eficaz.

## 1 - INTRODUÇÃO

A limpeza em feridas refere-se ao uso de fluidos para, mecanicamente e de modo suave, remover bactérias, fragmentos, corpos estranhos, resíduos de agentes tópicos, tecido necrosado e exsudato, que podem contribuir para o desenvolvimento de infecção (NICKS; AYELLO; WOO; NITZKI; GEORGE; SIBBALD, 2010).

Podem ser utilizadas soluções variadas para esse fim, como a solução fisiológica, a solução de ringer e a água potável (GRIFFITHS; FERNANDEZ; USSIA, 2001; RODRIGUES; SILVA, 2012; BROOKS, 2012). A solução fisiológica é a mais utilizada (WATRET; MCLEAN, 2009; FERREIRA; NEVES; SILVA; FELÍCIO, 2003), devido à sua disponibilidade, segurança, esterilidade, baixo custo e ausência de efeitos colaterais para o processo de cicatrização, uma vez que se apresenta como isotônica, impossibilitando o desequilíbrio osmótico das células (WATRET; MCLEAN, 2009).

Assim, é recomendada solução salina morna, na temperatura de  $\pm 37,5$  °C, para não prejudicar o processo de cicatrização (WILLIAN, 1999; TAYAR; PETERLINI; PEDREIRA; 2007; MOURA; SILVA; GODOY, 2005).

A temperatura de uma ferida deve estar em equilíbrio térmico com a temperatura normal do corpo humano entre 36 °C e 37,4 °C; quando há uma diminuição nessas temperaturas, o processo de cicatrização é retardado (HUGHES; TANG; CHERRY, 2003).

No estudo realizado por McGuinness e cols. (2004) utilizou-se solução salina para limpeza de feridas em temperatura ambiente e verificou-se que levou 30 minutos para que a ferida retornasse à temperatura pré-processual.

Entre os efeitos da hipotermia incluem-se: a vasoconstrição, a diminuição de atividade dos neutrófilos, da proliferação das células endoteliais vasculares e dos fibroblastos, a redução da capacidade das células de usar os radicais livres de oxigênio para eliminar bactérias, a diminuição dos níveis de deposição de colágeno, a resistência diminuída às infecções e a cicatrização retardada (MACFIE; MELLING; LEAPER, 2005; XIA; SATO; HUGHES; CHERRY, 2000).

Após o episódio de hipotermia, leva aproximadamente três horas para recuperar sua atividade mitótica celular após mudança de temperatura (MCGUINNESS e cols., 2004).

Dessa maneira, o aquecimento do soro fisiológico é uma etapa considerada essencial na execução de um curativo, pois está associada à melhora da cicatrização, à preservação das reações bioquímicas e enzimáticas das células, ao aumento da circulação e da tensão de oxigênio no local da lesão, bem como da imunidade celular com diminuição da contaminação bacteriana (NONINO, 2008; DEALEY, 2012; BORGES, 2001; WITHNEY, 2003).

Os dispositivos para aquecimento das soluções utilizadas na limpeza de feridas devem ter uso inequívoco e unívoco, garantir temperatura ideal e segurança no procedimento, além de apresentar baixo custo e fácil manuseio, para possibilitar o seu uso sustentável no sistema de saúde.

Vários procedimentos para aquecimento das soluções utilizadas na limpeza de feridas têm sido utilizados, alguns desenvolvidos de forma intuitiva e outros utilizados de forma adaptada, por analogia à sua finalidade original, como estudo de Quege (2008), no qual foi improvisada uma caixa de madeira com lâmpadas à base de filamentos de resistência, semelhantes aos dispositivos para aquecimento de folhas de papel antes de serem colocadas nas máquinas copiadoras.

Equipamento com uso mais sistematizado para essa finalidade é o forno micro-ondas (FMO). Eles são usados em centros cirúrgicos e em salas de recuperação desde o início dos anos 1980 (BAGATINI; NASCIMENTO, 1997). Há fornos micro-ondas de potências máximas variando de 700 W a 1.500 W. Considerando essas diferenças, Meyer, Ribeiro e Mendonça (2012), deduziram uma equação a partir de várias temperaturas iniciais, aquecendo solução salina a diferentes temperaturas, verificando o decréscimo da temperatura da solução aquecida e a relação entre as temperaturas interna e externa das bolsas que contêm a solução.

No estudo de Meyer, Ribeiro e Mendonça (2012), a temperatura da solução foi medida durante e ao final do aquecimento e até 30 minutos após esse processo. A partir dos resultados, foi deduzida uma equação que tem como parâmetro de aquecimento o forno micro-ondas de 900 W de potência:

$$TIF = TII + [0,165 \times \text{Tempo (segundos)} / \text{Volume (litros)}] \pm 0,6 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{Fórmula 1})$$

Em que:

TIF = temperatura interna final, TII = temperatura interna inicial, e 0,165 = constante média.

Os autores ressaltam que é preciso determinar a temperatura inicial da solução para poder calcular o tempo de aquecimento (MEYER; RIBEIRO; MENDONÇA, 2012).

Apesar da grande contribuição dessa pesquisa, do ponto de vista prático há dois limitadores principais: os profissionais têm de dispor de um termômetro de infravermelho para determinação da temperatura inicial do soro e ainda, fórmula desenvolvida por Meyer, Ribeiro e Mendonça (2012) foi aplicada ao dispositivo com 900 W e para outras potências a fórmula não se aplica. Outro ponto a considerar é que nas instituições de saúde não se pode garantir o uso unívoco do forno micro-ondas com finalidade terapêutica, o que pode favorecer a contaminação da solução.

No contexto de salas de cirurgia, Muñoz e cols (2004) referem-se ao uso de forno micro-ondas, porém sem controle de temperatura.

São recomendados padrões (Quadro 1) para minimizar riscos decorrentes do uso de forno micro-ondas para aquecimento de soluções:

Quadro 1 - Protocolo de procedimentos de segurança para o uso de forno micro-ondas de uso doméstico em unidades de saúde

<b>Procedimentos</b>
Treinar pessoal para procedimentos em técnicas de aquecimento;
Usar embalagens plásticas sem nenhum envoltório de metal;
Estabelecer uma temperatura basal. Ajustar os tempos de aquecimento baseados nesta temperatura;
Estabelecer uma relação com o tempo de aquecimento e a temperatura a ser atingida para cada solução;
Utilizar um micro-ondas no máximo a 800 W de potência;
Usar somente um frasco de cada vez;
Mexer vigorosamente o frasco após o aquecimento para homogeneizar a temperatura;
Não administrar fluido que tenha sido aquecido a mais de 50 °C;

Fonte: Bagatini e Nascimento (1997).

Esse protocolo foi baseado em pressupostos e algumas condutas são questionáveis: água aquecida em um forno micro-ondas pode ser superaquecida; e substâncias superaquecidas, ao sofrerem uma pequena perturbação, podem entrar em processo de ebulição instantaneamente, geralmente explodindo para fora do recipiente, o que pode causar queimaduras graves (BAGATINI; NASCIMENTO, 1997).

A temperatura máxima do fluido a ser utilizado com segurança é de 50 °C, contudo, a temperatura recomendada é de 35 °C a 45 °C (BAGATINI; NASCIMENTO, 1997; HARNETT; PRUITT; SIAS, 1983; RUELLER, 1978).

Outro sistema de aquecimento de líquidos é o que ocorre por meio do “banho-maria” ou placas de aquecimento (MUTH; MAINZER; PETERS, 1996). Nesse procedimento não há segurança sobre a temperatura exata da solução aquecida.

Em todos os casos, ainda não se produziu informações sobre a duração do efeito de aquecimento, dificultando planejamento do profissional na organização de suas ações para o tratamento de feridas.

Mediante esse cenário, o desenvolvimento de uma tecnologia de aquecimento de fácil manuseio, produzida a partir de materiais acessíveis, que respeite princípios de biossegurança, com registro confiável de temperatura, surge como uma proposta para minimizar as dificuldades e proporcionar condições seguras à assistência ao usuário com vistas à melhora da cicatrização da ferida e ao conforto do paciente.

Frente ao exposto, emerge as questões norteadoras do presente estudo: Qual é a tecnologia que propicia aquecimento de soluções de forma eficaz, segura, e que seja de fácil manuseio e de uso específico? Qual é a durabilidade do aquecimento produzido quando o frasco de solução fisiológica é exposto ao meio ambiente?

A disponibilização de um equipamento que cumpra esses requisitos e a informação da durabilidade do aquecimento produzido pode contribuir para a melhoria da qualidade do atendimento, com potencial de reduzir o tempo de cicatrização, diminuir o risco de infecção, e também, indiretamente, reduzir os custos do tratamento.

## 2 - OBJETIVOS

- Testar a eficácia de equipamentos produzidos para aquecer soro fisiológico destinado ao tratamento de feridas em ambulatório de curativos
- Identificar o tempo para resfriamento do soro fisiológico aquecido, quando exposto a temperatura ambiente

### 3 - REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Limpeza de ferida com solução aquecida

Recomenda-se que, ao realizar a limpeza do local da ferida, deve-se utilizar a solução fisiológica 0,9% aquecida para evitar a queda da temperatura e favorecer o processo de cicatrização (CARMO; CASTRO; RIOS; SARQUIS, 2007; SANTANA *et al.*, 2008; RANGEL; CALIR, 2009; TONIOLLO; BERTOLIN, 2012; RODRIGUES; SILVA, 2012; SILVA; HAHN, 2012).

A solução de limpeza em temperatura morna (em torno de 37 °C), além de diminuir o desconforto do cliente durante a realização do curativo, evita hipotermia e mantém a temperatura ideal para que a cicatrização ocorra (DECLAIR, 2002; SANTOS *et al* 2011; GOMES; COSTA; MARIANO, 2005; SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE, 2008, 2010).

A associação entre a hipotermia e infecção em feridas foi estudada por um grupo de pesquisadores (KURG; SESSLER; LENHARDT, 1996) do *Thermoregulation Research Laboratory and Department of Anesthesia* da Universidade da Califórnia (EUA) e o Departamento de Anestesiologia e Cuidado Intensivo Geral da Universidade de Viena (Áustria), que concluíram que a hipotermia pode retardar a cicatrização e predispõe os pacientes à infecção. Estes estudiosos definem hipotermia moderada como aquela em que a temperatura é 2 °C menor que a temperatura normal do corpo.

Hipotermia pode diminuir as funções da imunidade, incluindo a quimiotaxia, fagocitose e a produção de anticorpos (VAN OSS; ABSOLOM; MOORE; PARK; HUMBERT, 1980; LEIGH; VAN DEN BARSELAAR; ZWET; DUBBELDEMAN-REMPT; FURTH, 1979). O prejuízo na imunidade que ocorre em virtude da diminuição da pressão parcial do O<sub>2</sub> nos tecidos, provocado pela hipotermia (KURG; SESSLER; LENHARDT, 1996).

Mais especificamente, verificou-se que hipotermia diminui a resistência à infecção por *Staphylococcus aureus* (SHEFFIELD; SESSLER; HUNT; SCHEUENSTUHL, 1994) e *Escherichia coli* (SHEFFIELD; SESSLER; HUNT, 1994).

Pesquisa *in vitro* evidenciou que a hipotermia moderada (29 °C) de neutrófilos está associada com a diminuição da fagocitose de *Staphylococcus aureus* e que o efeito de diminuição da atividade de neutrófilos é observada 15 minutos após o

resfriamento, e que mediante reaquecimento a 37 °C a função dos neutrófilos voltou ao normal (AKRIOTIS; BIGGAR, 1985).

A resistência à infecção por *S. aureus* é oxigênio dependente (JANSSON; HUNT; MATHES, 1988). Cães que receberam inoculado com esse microrganismo foram submetidos à ambiente com concentrações de oxigênio de 12% (hipóxia), 21% (normoxigênese), e 45% (hiperoxigênese) os animais submetidos a hipóxia e normoxigênese apresentaram resistência menor, quando comparados com aqueles que receberam hiperoxigênese (JANSSON; HUNT; MATHES, 1988).

O exsudato de feridas crônicas apresenta em sua composição metaloproteases e outras substâncias que exercem atividades inibidoras do crescimento celular. O fornecimento de calor (35 °C) a lesão promove diminuição dessa atividade de inibição do crescimento celular pelo exsudato de feridas crônicas (HEE-YOUNG; PHILLIPS; KROON; SEAH, 2001).

A tensão de oxigênio também influencia o processo de deposição de colágeno, e afeta a força de resistência do tecido cicatricial (HUNT; PAI, 1972), esclarecendo um possível mecanismo envolvido no processo de cicatrização.

O aumento de temperatura local em 4 °C contribui para o aumento da tensão de oxigênio e perfusão, com base nisso recomenda-se o uso de calor na profilaxia e no tratamento de infecções em feridas (RABKIN; HUNT, 1987)

Componentes do processo de cicatrização crescem otimamente em temperatura diferentes. Diferentes parâmetros foram estabelecidos, incluindo 33 °C a 40 °C (YONG; VANDEN, 1995) e 35 °C a 42 °C (HUGHES; TANG; CHERRY, 2003; XIA; SATO; HUGHES; CHERRY, 2000).

A temperatura de 38 °C estimula a proliferação de células do endotélio microvascular da derme (135-158%), contribuindo para o aumento do tecido de granulação (HUGHES; TANG; CHERRY, 2003).

Recomenda-se que a solução de limpeza deverá ser utilizada à temperatura do corpo, uma vez que pode levar 40 minutos para que a ferida volte à temperatura normal após limpeza a frio (LOCKE, 1979) e até 3h para a divisão mitótica voltar ao padrão normal (FLETCHER, 1997).

A manutenção da temperatura da ferida ajuda a aumentar o fluxo sanguíneo, melhorar a taxa de ganho de resistência à tração da ferida e ampliar a tensão de oxigênio, o que ajuda a reparação de feridas de modo mais efetivo (MACFIE *et al*,

2005). Ajuda a evitar a proliferação de bactérias, reduzindo assim o risco de infecção (LOCK, 1979, MACFIE *et al*, 2005).

A literatura não deixa claro como deve ser a forma de aquecimento das soluções utilizadas na limpeza de feridas. Várias tecnologias de transferência e conservação de calor são potencialmente indicadas.

### 3.2 Transferência e conservação de calor

A transferência de calor pode ser definida como a transmissão de energia resultante de uma diferença de temperatura entre diferentes regiões (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012). O principal problema, para dimensionar a transferência de cada, é determinar uma taxa de transferência em uma específica faixa de temperatura, o que demanda uma análise da quantidade de calor em um determinado período de tempo e do tamanho do equipamento necessário para gerar o processo. O dimensionamento de aquecedores, refrigeradores e trocadores não depende só da quantidade de calor transmitido, mas também da taxa em que ele é transferido sob determinadas condições (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012).

A transferência de calor ocorre pela condução, radiação e convecção. Efetivamente, apenas os dois primeiros podem ser classificados como tais, pois somente nesses depende-se de uma diferença de temperatura para operar. A convecção, por sua vez, depende também do transporte mecânico de massa. Porém, como a convecção acaba realizando transmissão de energia de regiões de altas temperaturas para regiões de baixas temperaturas, a convecção se tornou relativamente aceita como uma forma de transferência de calor (KREITH, 2003).

Para o cálculo da taxa em que o calor é conduzido de um meio de temperatura mais alta para outro de temperatura mais baixa, é utilizada a equação determinada pela lei de condução de Fourier, que expressa a condutividade térmica (KREITH, 2003):

$$dQ = -kA \frac{dT}{dx} \quad (\text{Fórmula 2})$$

Onde:

$k$  - Representa a capacidade de condutividade térmica do material em  $\left[\frac{W}{m \cdot ^\circ C}\right]$  ou  $\left[\frac{W}{m \cdot K}\right]$

$A$  - Determina a área através da qual o calor é transferido em  $[m^2]$

$\frac{dT}{dx}$  - Representa o gradiente de temperatura formado por  $T(x)$ , em  $\left[\frac{K}{m}\right]$  ou  $\left[\frac{^\circ C}{m}\right]$

$x$  - Distância na direção do fluxo de calor em  $[m]$

Na equação, o sinal negativo é devido à Segunda Lei da Termodinâmica, que exige que o calor flua da temperatura mais alta para a mais baixa. Se a temperatura diminuir com valores crescentes de  $x$ , o gradiente será negativo.

A condutividade térmica ( $k$ ) é uma propriedade intrínseca dos materiais e indica a quantidade de calor que fluirá por unidade de tempo através de uma unidade de área, quando o gradiente de temperatura for unitário. No Sistema Internacional (SI) a condutividade térmica é expressa por watts por metro kelvin (W/mK) e, a título de comparação, verifica-se que a 300K o cobre tem uma condutividade térmica da ordem de 399 W/mK, ao passo que o ar, um dos elementos de estudo de transmissão de calor deste trabalho, apresenta apenas 0,026 W/mK (KREITH, 2003).

Na transferência de calor por convecção são utilizados mecanismos para operá-la. O primeiro é a transferência de energia por meio do próprio movimento molecular de um fluido. O segundo também promove a transferência de energia por meio de parcelas que contêm grandes quantidades de moléculas desse fluido, as quais são movimentadas devido a uma força externa. Essa força pode ser oriunda de um gradiente de densidade, como por exemplo a convecção natural, ou por uma diferença de pressão gerada por uma bomba (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012).

Sempre que existir uma diferença de temperatura em um meio ou entre meios diferentes, ocorre necessariamente uma transferência de energia térmica. O calor (ou fluxo de calor) é definido, então, como a taxa de energia térmica transferida por unidade de tempo devido a uma diferença de temperatura (ORDENES; LAMBERTS; GUTHS, 2003).

Há diferentes tecnologias de aquecimento, destacamos três delas: células de Peltier, resistência e radiação eletromagnética.

## Células de Peltier

As células de Peltier foram descritas em 1834 pelo físico francês, Jean Charles Athanase Peltier, e o seu efeito consiste na produção de um gradiente de temperatura quando submetido a uma corrente elétrica em materiais condutores ou semicondutores (HENKER, 2012).

Estas células promovem um efeito aquecedor ou resfriador, quando é aplicada uma tensão nos pólos de dois materiais distintos criando se uma diferença de temperatura. Graças a essa diferença, o resfriamento Peltier fará o calor mover-se de um lado ao outro (COSTA, 1982; FARIAS; SANTO; ISOLDI; ROCHA, 2008; GODINHO, 2012; CARNEIRO, 2010).

[...] dado um par termoelétrico com ambas as junções à mesma temperatura, e tendo-se uma fonte de tensão externa, produz-se uma corrente no termopar e a variação das temperaturas nas junções não se dá inteiramente devido ao efeito Joule. Esta variação adicional de temperatura foi então denominada de efeito Peltier, sendo produzida tanto pela corrente proporcionada pela fonte externa como pelo próprio par termoelétrico. Pode-se dizer que o um dispositivo de efeito Peltier comporta-se de forma inversa a um Termopar (DUTRA, DILL, 2009, p. 3)

Essas células possuem uma versatilidade de configurações e podem ser empregadas individualmente ou agrupadas para obter um gradiente de temperatura maior (HENKER, 2012). Essa tecnologia é usada em *coolers* em que, usando-se uma diferença de potencial, pode-se transferir calor da junção fria para a quente aplicando-se a polaridade elétrica adequada (POLI *et al.*, 2009).

## Resistência elétrica

A resistência é a dificuldade com que os elétrons percorrem um condutor. Quanto maior for o número de elementos resistivos se opondo à corrente, maior será a resistência encontrada, visto que a resistência tem propriedade somatória (MALVINO; BATES, 2011; FOWLER, 2013). A lei de Ohm define a relação existente entre os parâmetros elétricos; e, segundo a qual a corrente, num circuito elétrico, é diretamente proporcional à voltagem que é aplicada e inversamente proporcional à resistência do circuito (FOWLER, 2013).

Os resistores são elementos do circuito que apresentam resistência à passagem de corrente elétrica e são utilizados como aquecimento, devido à sua propriedade de transformar energia elétrica em energia térmica (FOWLER, 2013).

Podem ser de dois tipos: fixo e variável. O primeiro não varia o valor de sua resistência e pode ser construído de carbono ou de fio enrolado (níquel cromo). O resistor variável permite que sua resistência varie numa determinada faixa de valores; é chamado de potenciômetro (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012).

### Radiação eletromagnética

A radiação em forma de luz emitida pelos objetos astronômicos é um elemento chave para o entendimento da Astrofísica (ASTETE; GIAMPAOLI; ZIDAN, 1987). Informações a respeito da temperatura, composição química e movimento de tais objetos são obtidas a partir do estudo e interpretação da radiação por eles emitida. Essa radiação é chamada eletromagnética por se tratar do transporte de energia por meio de flutuações dos campos elétrico e magnético. Trata-se de um campo elétrico vibratório que se movimenta através do espaço e é associado a um campo magnético que tem as características do movimento ondulatório (ASTETE; GIAMPAOLI; ZIDAN, 1987).

Essa luz ou radiação, pode ser observada sob diferentes formas, ou seja, em diferentes faixas espectrais: visível, infravermelha, ultravioleta, em ondas rádio e outras faixas (ASTETE; GIAMPAOLI; ZIDAN, 1987; FACTOR, 2005). Dependendo da quantidade de energia, uma radiação pode ser classificada em ionizante ou não ionizante (FACTOR, 2005).

O espectro eletromagnético estende-se, na parte não ionizante, numa ampla faixa de comprimentos de onda que vai desde 100 km até 10 nm (ASTETE; GIAMPAOLI; ZIDAN, 1987). As radiações não ionizantes não possuem energia suficiente para ionizar os átomos e as moléculas com as quais interagem. As mais conhecidas são: a luz visível; a infravermelha; a ultravioleta; a proveniente de micro-ondas de aquecimento; a que provém de micro-ondas de rádio telecomunicações; e a corrente elétrica (ASTETE; GIAMPAOLI; ZIDAN, 1987).

Os efeitos térmicos (aquecimento) provocados são sensações de calor que podem avisar ocorrência de risco. Por isso, é importante o uso de detectores que determinem a existência e a intensidade da radiação e cuja utilização é aconselhável que seja feita por especialistas (ASTETE; GIAMPAOLI; ZIDAN, 1987).

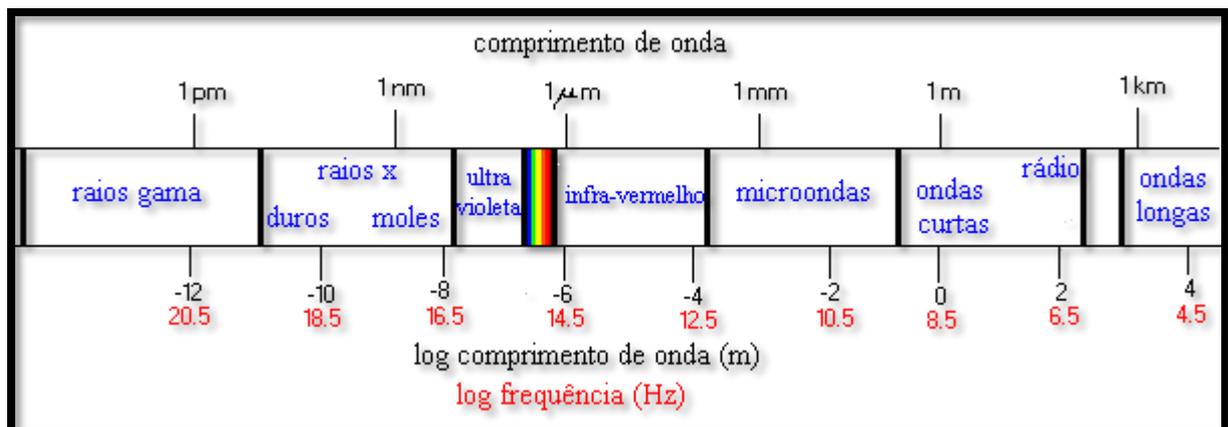
As radiações ionizantes, por sua vez, podem alterar o estado físico de um átomo e causar a perda de elétrons, tornando-os eletricamente carregados (HETEM;

PEREIRA, 2015). Possuem, portanto, energia suficiente para ionizar os átomos e moléculas com as quais interagem. As mais conhecidas são: os raios X e raios gama (radiações eletromagnéticas); e os raios alfa e beta, os nêutrons e os prótons (radiações corpusculares) (HETEM; PEREIRA, 2010).

A figura 1 mostra o intervalo completo da radiação eletromagnética, conhecido por espectro eletromagnético, apresentando o comprimento das ondas de rádio, as micro-ondas, o infravermelho, os raios X, a radiação gama, os raios violeta e a luz visível ao olho humano.

A faixa da luz visível que é muito pequena em relação a toda a escala apresentada, em que o espectro da luz visível varia o comprimento de onda entre 400 a 750 nm. Já a faixa do micro-ondas compreende o comprimento de onda entre 10  $\mu\text{m}$  a 1 m (HETEM; PEREIRA, 2010).

Figura 1 - Espectro eletromagnético: representa os comprimentos dos diversos tipos de ondas eletromagnéticas



Fonte: [www.if.ufrj.br](http://www.if.ufrj.br)

## Tecnologia de aplicação de ondas eletromagnéticas: forno micro-ondas

O forno micro-ondas (FMO) foi inventado no século passado, a partir de uma tecnologia de guerra. Sua finalidade era detectar as tropas inimigas invasoras, dada a sua característica de refletir em superfícies metálicas. Somente em 1947 chegou ao mercado norte-americano em formato de forno, com custo de 5000 dólares e pouca aceitação. Foi aproveitado pela indústria para secar cortiça, cerâmica, papel, couro, tabaco, têxteis e flores. Sua aplicação ao público doméstico ocorreu somente em 1975. Posteriormente, viria a se tornar o utensílio mais comum nos lares norte-americanos, presente em 60% (ou cerca de 52 milhões) das residências (MONTEIRO, 2001).

As micro-ondas podem ser definidas como ondas eletromagnéticas de alta frequência cujo comprimento varia entre 3 e 300 mm. O magnetron gera uma onda eletromagnética de 2450 MHz que, por meio do processo de ressonância, é absorvida pelas partículas de água existente no produto a ser aquecido. A energia absorvida, por sua vez, aumenta a vibração dessas partículas, produzindo calor (TONUCI, 2006). Seus efeitos são estritamente térmicos, haja vista que a radiação é não ionizante e, portanto, não altera a estrutura molecular do que está sendo irradiado (MONTEIRO, 2001). O espalhador a distribui, em direções variadas e ela é absorvida pelas moléculas em exposição.

Um dos mais interessantes aspectos relacionados com o forno micro-ondas é o aquecimento seletivo. Diferente do forno elétrico ou de combustão, onde todos os corpos que estão no interior do forno sofrem aquecimento, no forno micro-ondas o aquecimento dependerá do material presente no seu interior (dependerá fundamentalmente da constante dielétrica e da frequência de relaxação do material). Assim, é comum observar que partes do recipiente que contêm o alimento recém aquecido no forno micro-ondas, mas que não estão em contato direto com o mesmo, continuam na temperatura próxima à do ambiente (BARBOZA; CRUZ; GRAZIANI; LORENZETTI; SABADINI, 2001, p. 901).

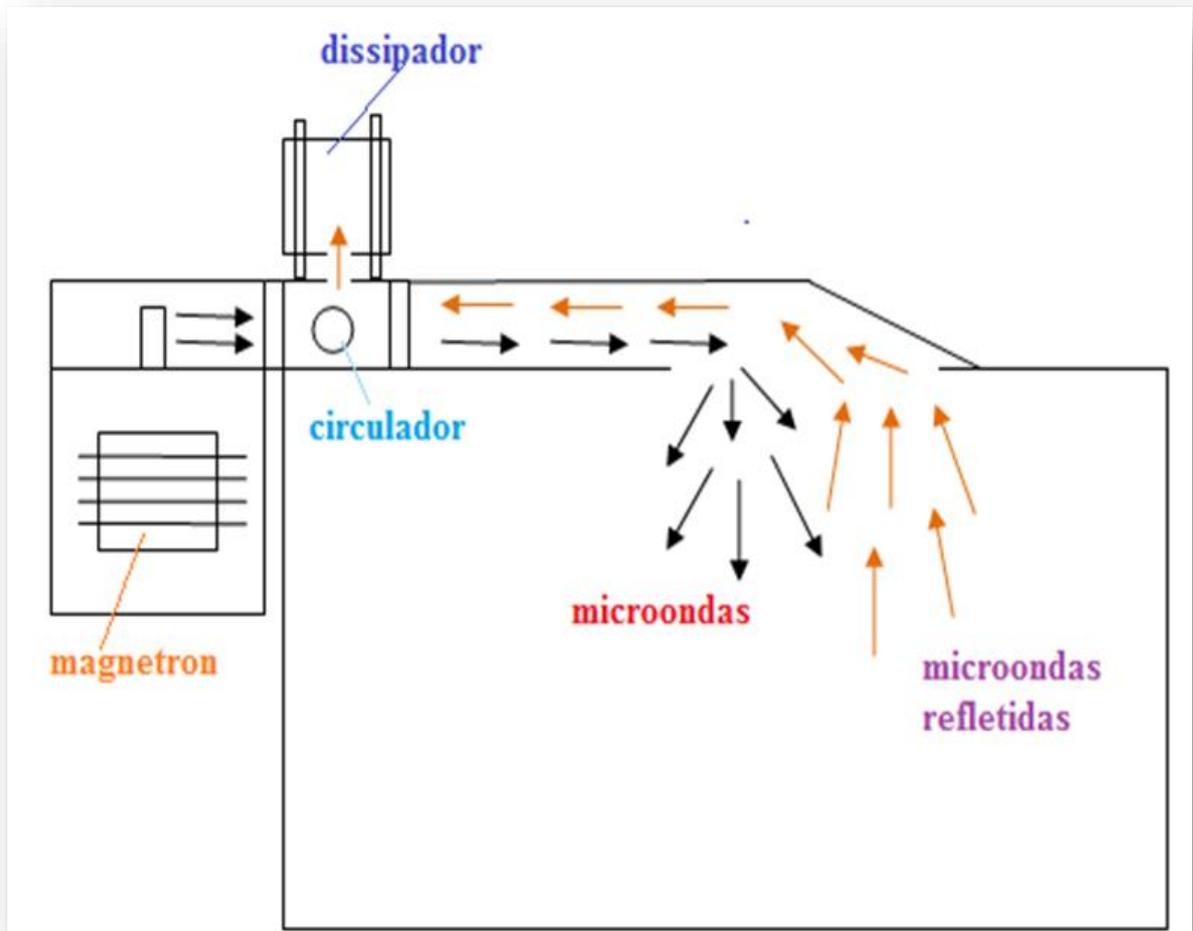
O aquecimento do forno micro-ondas envolve conceitos como: temperatura, capacidade calorífica, ligação química, estrutura molecular, momento dipolo, polarização dielétrica e constante dielétrica (BARBOZA; CRUZ; GRAZIANI; LORENZETTI; SABADINI, 2001; ROSINI; NASCENTES; NÓBREGA, 2004).

O forno micro-ondas gera o calor que se propaga por condução entre os materiais e alcança temperaturas variáveis entre 95 °C e 105 °C, ocasionando destruição dos microrganismos presentes no produto. É essencial a presença de água, já que o aquecimento é realizado por meio das ondas eletromagnéticas com o

dipolo elétrico da molécula (BARBOZA; CRUZ; GRAZIANI; LORENZETTI; SABADINI, 2001).

O forno micro-ondas é composto por: gerador de micro-ondas (magnetron), guia de ondas, cavidade da micro-onda, agitador (para espalhar as ondas), circulador e exaustor de ar como mostra a figura 2.

Figura 2 - Esquema de comportamento das micro-ondas dentro de um forno micro-ondas, vista superior.



Fonte: Barboza, Cruz, Graziani, Lorenzetti, Sabadini (2001).

O aquecimento das soluções só acontece porque existe a irradiação e a interação da onda eletromagnética com o dipolo elétrico da molécula de água. Portanto quando o campo é aplicado, as moléculas que possuem momento de dipolo elétrico geralmente se alinham com o campo e quem quando, a orientação dos dipolos moleculares, é removido ocorre uma relaxação dielétrica, isto é, as moléculas tenderão a voltar para o estado anterior (menos alinhado), dissipando toda energia

absorvida na forma de calor (BARBOZA; CRUZ; GRAZIANI; LORENZETTI; SABADINI, 2001).

O quanto maior for o dipolo, maior será a intensidade da orientação molecular sob a ação do campo elétrico. Se o campo elétrico pudesse ser ligado e desligado (ou se os polos positivo e negativo se alternassem) com certa frequência teríamos então uma situação “parecida” com aquela onde o campo elétrico da onda eletromagnética interage com a molécula, gerando uma energia rotacional. Se um material possui maior valor de constante dielétrica, então maior quantidade de energia pode, a princípio, ser armazenada (BARBOZA, CRUZ, GRAZIANI, LORENZETTI, SABADINI, 2001).

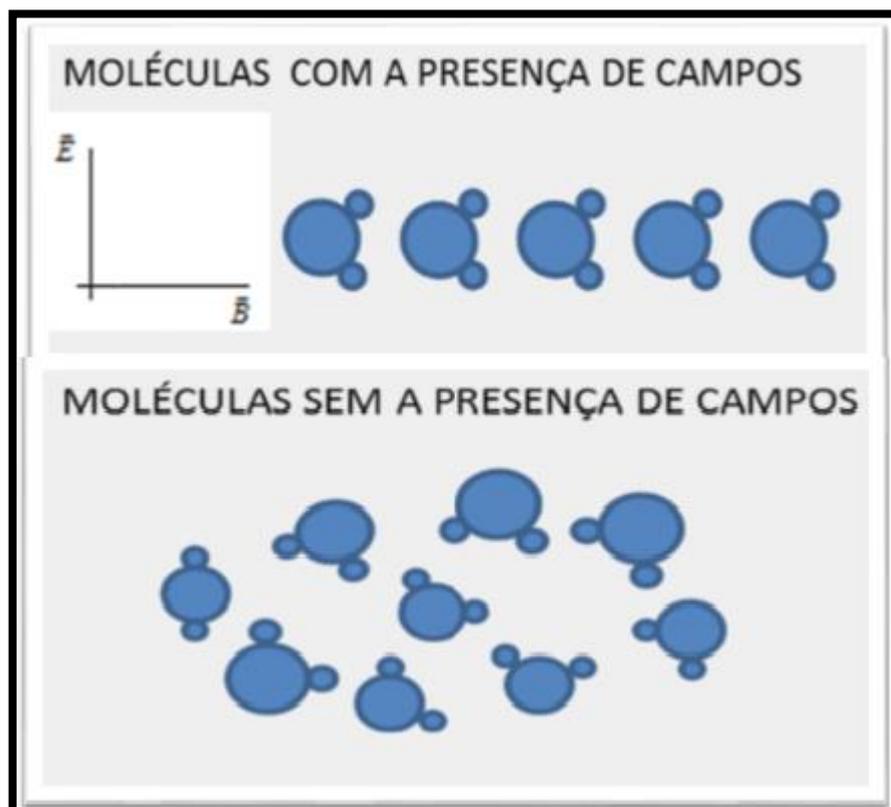
Em um campo que alterna as fases (como em uma onda eletromagnética), a orientação molecular varia ciclicamente. Para irradiações na região de micro-ondas (1000 a 10000 MHz) a polarização espacial das moléculas do material leva ao seu aquecimento. O tempo de relaxação requerido para os dipolos reduzirem o ordenamento dependerá fundamentalmente de dois fatores: o tamanho das moléculas e a da viscosidade do meio. Em fase condensada, o tempo de relaxação também dependerá da “altura” da barreira de energia (associada com a interação entre as moléculas) que precisa ser alcançada no processo de reorientação molecular. Haverá na verdade uma faixa de tempos de relaxação, pois existe um certo número de estados de equilíbrio para os dipolos separados por barreiras de potencial de diferentes magnitudes (BARBOZA, CRUZ, GRAZIANI, LORENZETTI, SABADINI, 2001, p. 902-903).

Em relação ao aquecimento em forno micro-ondas sua amostra possui uma frequência de relaxação (recíproca do tempo de relaxação) próxima da frequência da onda eletromagnética, enquanto a quantidade de calor produzida torna-se elevada, estimulando um sincronismo entre a frequência de relaxação molecular e do campo eletromagnético (BARBOZA; CRUZ; GRAZIANI; LORENZETT; SABADINI, 2001).

Exemplo disso é um conjunto de moléculas no estado gasoso com uma determinada temperatura, em atmosfera rarefeita, essas moléculas praticamente não iriam interagir umas com as outras. As moléculas transladam, vibram e rodam livremente, no entanto, apenas nos possíveis níveis de vibração e rotação previstos pela mecânica quântica. As moléculas da substância gasosa estão distribuídas nos vários níveis de vibração e rotação. Esta distribuição é descrita pela distribuição de Boltzmann. As moléculas que possuem dipolo permanente, a rotação do dipolo tende a gerar um campo elétrico que interage com o componente elétrico da micro-ondas (BARBOZA; CRUZ; GRAZIANI; LORENZETT; SABADINI, 2001).

As micro-ondas possuem uma alta capacidade de penetração na presença de água. A diferença de polaridade da água torna variável a direção do campo elétrico, e a fricção entre as moléculas é a responsável pela produção de calor. No aquecimento de alimentos, a água neles presente faz com que a dissipação de energia seja grande. O alinhamento e o realinhamento das moléculas com elevada frequência produzem calor, levando ao aquecimento (figura 3). No processo de descongelamento de alimentos, o tempo requerido é geralmente elevado. Isto se deve ao fato de que a mobilidade das moléculas de água nos cristais de gelo é muito menor. A energia dissipada no gelo é aproximadamente 170 vezes menor do que para a água líquida (BARBOZA; CRUZ; GRAZIAN; LORENZETTI; SABADINI, 2001).

Figura 3 - Esquema representando a polarização das moléculas de água sob influência e ação de um campo eletromagnético.



Fonte: Barboza; Cruz; Grazinai; Lorenzetti; Sabadini, 2001

O tempo usado para um aquecimento é a grande vantagem do forno micro-ondas. Uma batata pode ser cozida em aproximadamente 8 minutos, ao passo que seriam requeridos 45 minutos em um forno convencional (BARBOZA; CRUZ; GRAZIANI; LORENZETTI; SABADINI, 2001).

## Resfriamento

Resfriamento é o alcance de equilíbrio térmico de um sistema de dois ou mais corpos. Portanto, corpos com temperaturas diferentes que entram em contato fazem com que aconteça transferência de calor - do corpo mais quente para o mais frio – até que atinjam o equilíbrio térmico (BRONSON, 2008).

A Lei de Resfriamento de Newton postula que “a taxa de variação temporal da temperatura de um corpo é proporcional à diferença de temperatura entre o corpo e o meio circundante” (BRONSON, 2008, p.64). Com isso, afirma que para pequenas diferenças de temperaturas, a taxa de resfriamento é aproximadamente proporcional à diferença entre as temperaturas do objeto e do ambiente.

Sendo assim, considerando  $T$  como a temperatura do objeto,  $T_a$  como a temperatura do ambiente e sabendo que  $T_a < T$ , teremos um fluxo do meio mais quente para o mais frio. As observações experimentais feitas por Newton mostram que a quantidade de calor transferida do corpo mais quente para o mais frio  $dT$ , por unidade de tempo -  $dt$  -, é proporcional à diferença de temperaturas entre a do sistema e a do ambiente ( $T - T_a$ ) (FIGUEIREIDO; ALOÍSIO, 1998). Assim:

$$\frac{dT}{dt} = -k(T - T_a),$$

(Fórmula 3)

em que  $k$  é uma constante que depende do material de cada objeto. Assim, temos que a temperatura ( $T$ ) de objeto num determinado momento no tempo ( $t$ ) é dada pela equação:

$$T(t) = T_a + (T_0 - T_a)e^{-kt},$$

(Fórmula 4)

A medida que um corpo resfria é observado que este processo é mais rápido no início e que após um tempo, a temperatura tende de alcançar a temperatura ambiente. Portanto a taxa em que um corpo resfria é proporcional à diferença de temperatura entre o objeto aquecido e a temperatura do seu entorno (FIGUEIREIDO; ALOÍSIO, 1998).

### 3.3 Engenharia Reversa

O processo de engenharia supõe desenhar, fabricar, montar e manter produtos e sistemas. A engenharia pode se dividir em dois grupos: Engenharia Progressiva e Engenharia Reversa. Na primeira, o ponto de partida é um alto nível de abstração para um baixo nível de abstração; na Engenharia Reversa o procedimento é inverso (FURTADO; ASSAD, 2012).

A engenharia reversa começa com o produto que já funciona e, a partir de um novo processo de concepção no sentido oposto, chega a uma definição em que se descobre o máximo de informação possível sobre as ideias de *design* usadas para produzir determinado produto (DIAS, 1997).

Engenharia reversa comporta uma larga diversidade de definições, em parte, devido a diferentes empregos, em parte, devido a diferentes processos adotados. Não há uma definição consensual do que seja ER. Mas as definições, variadas que sejam, comportam a observação de pelo menos duas etapas. Uma primeira se constitui na obtenção de informação que caracteriza e especifica o objeto da ação de ER, identificando seus componentes e seu padrão de inter-relacionamento. Na segunda, o objeto é representado em outra forma ou com um mais elevado nível de abstração. É uma atividade que não altera o objeto da ação. É um processo, como norma, não destrutivo, um processo de exame, não de modificação do objeto do exame (MURY, 2000, p. 2).

A Engenharia Reversa (ER) pode ser definida como reconstrução de um produto a partir de uma tecnologia existente (ABELLA; DASCHBACH; NICHOLS, 1994; MURY, 2000). Ela vem mudando seu conceito, que era de processo manual; agora, utiliza-se de ferramentas de engenharia, como *softwares* e modernos instrumentos de medições (ABELLA, 1994). Assim, é aplicada em áreas como: engenharia de *software*, entretenimento, automação, engenharia de produtos de consumo, microchips, elaboração de produtos químicos, eletrônica e mecânica.

Seguem-se razões para a introdução da engenharia reversa (WILKER, 2011):

- O fabricante original de um produto já não o produz;
- Há documentação inadequada do desenho original;
- O fabricante original não existe mais, mas um cliente necessita do produto;
- A documentação do projeto original foi perdida ou nunca existiu;
- Algumas características ruins de um produto precisam ser modificadas;

- Há necessidade de fortalecer as boas características de um produto com base na utilização a longo prazo;
- Seu uso permite analisar as boas e más características do produto dos concorrentes;
- Serve para explorar novas vias com vistas a melhorar o desempenho e as características de um produto;
- Permite ganhar métodos competitivos para entender os produtos dos concorrentes e desenvolver melhores produtos.

Assim, a engenharia reversa é usada para manter um legado, uma vez que os pesquisadores continuarão a desenvolver tecnologias melhores a partir de ferramentas existentes, auxiliando os engenheiros na identificação, concepção e melhoramento de tecnologia (ABELLA, 1994).

### **3.4 Segurança de equipamentos**

O órgão nacional responsável pelas normatizações é a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, que interpreta e traduz as normas internacionais. A ABNT NBR IEC é responsável por identificar as normas brasileiras e as diretrizes criadas pela Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC). Os produtos considerados para a saúde são os que se enquadram na RDC nº 185 / 2001, ou seja, utilizados na realização de procedimentos médicos, odontológicos, laboratoriais, fisioterápicos ou de embelezamento e de estética, empregados para diagnóstico, tratamento e monitoração de pacientes. Os equipamentos médicos estão inseridos na categoria de produtos para a saúde, outrora denominados de correlatos, e estão classificados em quatro categorias (classes I, II, III e IV), segundo o risco que representam à saúde do consumidor, paciente, operador ou terceiros envolvidos (RDC nº 185 / 2001).

A segurança básica e o desempenho essencial dos aparelhos elétricos fazem parte da situação de segurança, em geral, que compreende os equipamentos, a instalação ao qual ele está ligado e a aplicação (ABNT,1994). O cumprimento dos requisitos regulamentares só garante que o equipamento seja seguro, de acordo com seu uso pretendido, no momento em que sai da fábrica. Durante o uso, o desgaste natural, a sobrecarga, o mau uso ou reparos podem mudar sua condição de segurança ou desempenho. Assim, surge a necessidade de um controle regular para

garantir que o equipamento mantenha o *status* de segurança e desempenho inicial (ABNT, 1997).

O entendimento do gerenciamento de risco fica melhor definido nas normas da ABNT e obriga os fabricantes a realizarem um estudo mais rígido e detalhado dos potenciais perigos envolvidos na utilização de equipamentos na área saúde e também para os fornos micro-ondas domésticos (IEC 60335-2-25). Exigindo a disponibilização, de forma clara, das medidas de prevenção a danos pela utilização do equipamento e de como deve ser o gerenciamento dos vários tipos resíduos.

### Segurança Elétrica

A avaliação de segurança é regulamentada pela norma ABNT NBR IEC 60335-1-2010 – mediante a qual o fabricante deve garantir que o produto não ofereça riscos elétricos, mecânicos, térmicos, de fogo ou de radiação - e amparada pela Portaria nº 371 de 2009, que exige ensaios de rotina em 100% das unidades fabricadas.

A IEC 60601 aborda todos os possíveis perigos relacionados à utilização de eletricidade: desde a instalação do equipamento, passando pela qualidade de todos os cabos, conexões e isolamentos, até os testes regulares após os procedimentos de manutenção e reparo. Considera, ainda, o local em que equipamento será instalado, para evitar qualquer perigo à saúde do profissional e do paciente

A Norma Regulamentadora (NR) 12 de 2011 dispõe sobre princípios fundamentais e medidas de proteção e garantia à saúde e à integridade dos trabalhadores e estabelece medidas para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho.

A NBR IEC 60601-1 2010 traz determinações para o Equipamento de Classe I. Neste, a proteção contra o choque elétrico não se fundamenta apenas na isolação básica, mas incorpora uma precaução de segurança adicional: consiste em um recurso de conexão do equipamento ao condutor de aterramento para proteção pertencente à fiação fixa da instalação, de modo a impossibilitar que partes metálicas acessíveis fiquem sob tensão, na ocorrência de uma falha de isolação básica.

### 3.5 Limpeza e desinfecção de superfície de equipamentos

Nas instituições de saúde, os equipamentos devem permitir adequada limpeza e desinfecção para uso seguro.

O ambiente hospitalar pode contribuir de forma significativa para a disseminação das IRAS (Infecção Relacionada à Assistência à Saúde), quando há não conformidade às boas práticas pelos profissionais, falta de informação dos pacientes e colonização por microrganismos nas superfícies inanimadas (HAYDEN et al., 2008).

Estudos comprovam que nos Estados Unidos da América há uma frequente contaminação nas superfícies de ambientes hospitalares por *Enterococcus* e *Staphylococcus aureus* (ARAKAWA et al, 2000; SEXTON et al., 2006; HAYDEN et al., 2008; CLSI, 2009). Torna-se então de suma importância a correta limpeza/desinfecção das superfícies para a prevenção e controle de infecções associados aos cuidados em saúde e para segurança ao paciente e ao trabalhador.

Em serviços de saúde, superfícies compreendem: mobiliários, pisos, paredes, divisórias, portas e maçanetas, tetos, janelas, equipamentos para a saúde, bancadas, pias, macas, divãs, suportes para soro, balanças, computadores, instalações sanitárias, grades de aparelho condicionador de ar, ventiladores, exaustores, luminárias, bebedouros, aparelhos telefônicos e outros (ANVISA, 2010).

O manual da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA recomenda que mobiliários e equipamentos possam ser submetidos à limpeza e desinfecção com água e sabão e/ou aplicação de álcool etílico a 70% ou outro desinfetante indicado pelo Serviço de Controle de Infecção Hospitalar- SCIH, desde que observadas as recomendações para cada tipo de material a ser limpo e/ou desinfetado. Recomenda, ainda, que a fricção com álcool etílico a 70% deve ser em sentido unidirecional, por três vezes consecutivas (ANVISA, 2010).

No caso de uso de detergente ou desinfetante no processo de limpeza ou desinfecção, deve-se seguir as recomendações do fabricante de cada equipamento (CECHINEL, 2011).

## **4.METODOLOGIA**

### **4.1 Tipo de estudo**

Trata-se de um estudo experimental de inovação tecnológica foram realizados experimentos em três fases: desenvolvimento de protótipos de aquecimento, avaliação da eficácia para aquecimento e determinação do tempo de resfriamento das soluções à temperatura ambiente. São apresentados aspectos gerais da metodologia, e em cada fase os detalhes necessários são especificados.

### **4.2 Local de estudo**

Os desenvolvimentos dos protótipos de aquecimento, dos circuitos de potência elétrica e dos controladores programáveis de temperatura, bem como os testes de temperatura das soluções foram realizados no Laboratório de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Goiás, em Goiânia, sob a supervisão do professor Dr. José Wilson Lima Nerys e colaboração do servidor técnico-administrativo e engenheiro elétrico Gustavo Souto de Sá e Souza. A validação do protótipo considerado eficaz e a determinação do tempo de resfriamento foram realizadas no Laboratório de Práticas Fundamentais de Enfermagem, na Faculdade de Enfermagem da Universidade Federal de Goiás.

### **4.3 Objeto de estudo**

Funcionalidade de protótipo de uso em instituições de saúde para aquecimento de soluções e resfriamento de soluções.

### **4.4 Confecção do sistema**

Com base na literatura (COSTA, 1982; ORDENES, LAMBERTS; GUTHS, 2003; KREITH, 2003; ASTETE, 2006; FATOR, 2006; TONUCCI, 2006; ALCOFORADO, 2007; FARIAS; SANTOS; ISOLD; ROCHA, 2008; CARNEIRO, 2010; GODINHO, 2012; HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012; FOWLER, 2013; HETEM; PEREIRA, 2015) e parceria de pesquisadores da área de Engenharia Elétrica anteriormente

mencionados, foram desenvolvidos três modelos de aquecimento: o primeiro utilizando como fonte de calor as células de Peltier; o segundo utilizando resistência elétrica e o terceiro radiação eletromagnética.

Para a confecção dos sistemas foram elaborados protótipos que partiram de uma maquete.

O protótipo é um modelo funcional do produto desenvolvido, confeccionado com o mesmo material da versão em escala industrial. Pode-se definir protótipo como um “artefato físico ou digital desenvolvido para compreender, explorar, avaliar e comunicar um ou mais atributos do produto que está sendo desenvolvido” (ALCOFORADO, 2007).

As maquetes são representações realistas e não funcionais, em escala, de produtos em desenvolvimento; permitem responder a questões de projeto, funcionando como uma ferramenta de aprendizagem e apoio na tomada de decisões (ULRICH; EPPINGER, 2004).

#### **4.5 Variáveis e descrição**

As variáveis deste estudo estão apresentadas a seguir:

- Temperatura natural da solução – é a temperatura inicial, quando a solução está exposta à temperatura ambiente.
- Temperatura da solução ao longo da exposição à fonte de calor, no interior do dispositivo.
- Temperatura ambiente – temperatura do ar de um determinado local, medida por um termômetro.
- Umidade relativa do ar – é a relação entre a quantidade de água existente no ar e a quantidade máxima que poderia haver na mesma temperatura.
- Temperatura no interior do dispositivo – é a temperatura pela qual o dispositivo opera de forma eficaz dentro de um determinado intervalo de tempo, que varia de acordo com a função e com a aplicação planejadas.
- Temperatura programada do dispositivo – neste experimento, equivale a 40 °C.
- Tempo de exposição – tempo, em segundos, de exposição do frasco de soro ao aquecimento.

- Disposição dos frascos de solução – modo como está distribuído ou posicionado cada frasco.
- Fonte de calor – é o corpo que cede o calor (por possuí-lo em maior grau ou produzi-lo) para equilibrar a temperatura entre os corpos.
- Quantidade de recipientes de solução a serem aquecidos.
- Forma física de revestimento do recipiente da solução – flexível ou rígida.
- Volume dos frascos de solução – quantidade de soro em 100 ml, 250 ml, 500 ml ou 1000 ml.

- Procedimentos de obtenção de dados

Foram monitoradas três temperaturas:

- a temperatura ambiente (externa ao equipamento);
- a temperatura no interior do equipamento;
- a temperatura das soluções.

Para verificação da temperatura e da umidade do ambiente foi utilizado um termo-higrômetro digital (MT-240-Minipa) que indicação simultânea: temperatura interna, externa e umidade, relógio integrado, temperatura em °C ou °F, atualização da leitura da temperatura: 16s, ambiente de operação: entre 0°C e 60°C, conforme ilustra a figura 4. Na verificação da temperatura no interior dos protótipos foram utilizados transdutores termoelétricos situados na parte interna das paredes do equipamento.

Figura 4 - Termômetro digital termo-higrômetro (MT-240-Minipa) com registro de temperatura interna, externa e umidade e relógio integrado.



Para verificar a temperatura das soluções foram utilizados dois procedimentos, conforme o protótipo a ser testado. Nos protótipos que usam como fonte de calor a placa de Peltier ou a resistência, foi utilizado o transdutor de temperatura (figura 5) mergulhado no interior da solução. Os transdutores têm como função transformar medidas de uma grandeza física qualquer para outra grandeza, normalmente elétrica. No protótipo de forno micro-ondas foi utilizado um termômetro infravermelho (figura 6), posicionado em três locais distintos dos frascos: na parte medial dos terços inferior, médio e superior, tanto da embalagem rígida (figura 7) como da embalagem flexível (figura 8).

Figura 5 – Transdutor de temperatura utilizado no interior do protótipo e dentro dos frascos de solução fisiológica.



Figura 6 - Termômetro a laser modelo Infrared DT 380, usado para medir temperatura de superfícies e soluções.



Figura 7 - Locais de verificação da temperatura das soluções em embalagens rígidas, com demarcação do ponto para incidência do feixe infravermelho.



Figura 8 - Locais de verificação da temperatura das soluções em embalagens flexíveis, com demarcação do ponto para incidência do feixe infravermelho.



- Transferência de dados (comunicação)

As informações de temperatura obtidas mediante um transdutor situado na parte superior do forno e outro na parte central foram enviadas para um computador (*laptop*) via *bluetooth*, e processadas pelo *labview* (plataforma). Registrou-se a leitura das temperaturas e a plotagem do gráfico (figura 9) obtido.

Figura 9 – Gráfico digital produzido mediante a leitura da temperatura em tempo real



No caso das temperaturas obtidas pelo infravermelho, o registro empregado foi manual, transportado para planilhas Excell® for Windows Inc.

#### 4.6 Análises dos Dados

Os dados foram inseridos em planilhas eletrônicas e programas estatísticos, como o software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) para Windows, v.17, e o programa *Origin* v.6.0. Para análise foram utilizados procedimentos de estatística descritiva - incluindo média, desvio padrão, valor mínimo e máximo e

comparação de médias de temperatura nos terços dos frascos de solução - com o uso do teste de Mann-Whitney, adotando-se valor  $p \leq 0,05$ .

#### **4.7 Aspectos ético-legais**

O presente estudo está inserido em uma pesquisa mais ampla, intitulada “Protótipo de equipamento para aquecer soluções utilizadas na limpeza de feridas: desenvolvimento, validação de segurança, usabilidade e eficácia”, registrada na Plataforma Brasil e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa Humana e Animal da Universidade Federal de Goiás, segundo todos os requisitos e determinações da Resolução MS/CNS 466/2012.

O estudo foi desenvolvido por pesquisadores do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Tecnologias de Avaliação, Diagnóstico e Intervenção de Enfermagem e Saúde da Universidade Federal de Goiás - NUTADIES/UFG, ao qual está vinculada a Rede Goiana de Avaliação e Tratamento de Feridas, com apoio do Núcleo de Pesquisa em Processamento e Qualidade da Energia Elétrica (PEQ), da Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação (EMC) da UFG.

Os custos foram assumidos pelos pesquisadores, que não tiveram conflito de interesses de qualquer ordem.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 DESENVOLVIMENTO E TESTES DE PROTÓTIPOS

#### 5.1.1 Protótipo 1: aquecimento por células de Peltier

##### Etapa I - Criação de maquete

A maquete foi confeccionada com folha de papelão de aproximadamente 3 mm, cola para papel, cola quente e fita adesiva celofane. A forma e as dimensões do dispositivo de aquecimento obedeceram às medidas 30 x 30 x 30 cm, correspondentes à altura, largura e profundidade. Estas dimensões foram calculadas prevendo-se uma carga máxima de seis frascos de soro fisiológico de 1000 ml. Assim, otimizou-se o espaço sem comprometer o desempenho do equipamento e permitiu-se o isolamento do espaço para o circuito de potência, o circuito de força e o painel de controle. Foram feitos orifícios para o sistema de refrigeração. Para o fechamento da porta do dispositivo, uma fechadura foi instalada. A vedação da porta com borracha 2 mm conferiu melhor estabilidade da temperatura interna e assim evitou a perda de calor.

Para representar o isolante térmico foram utilizadas placas de poliestireno expandido (EPS) de espessura aproximada de 40 mm, material conhecido pelo nome comercial de isopor, instaladas entre as paredes do gabinete de aquecimento e do chassi. Para garantir acesso a toda a maquete, o gabinete de aquecimento e os isolantes térmicos foram projetados para serem retirados do gabinete de controle.

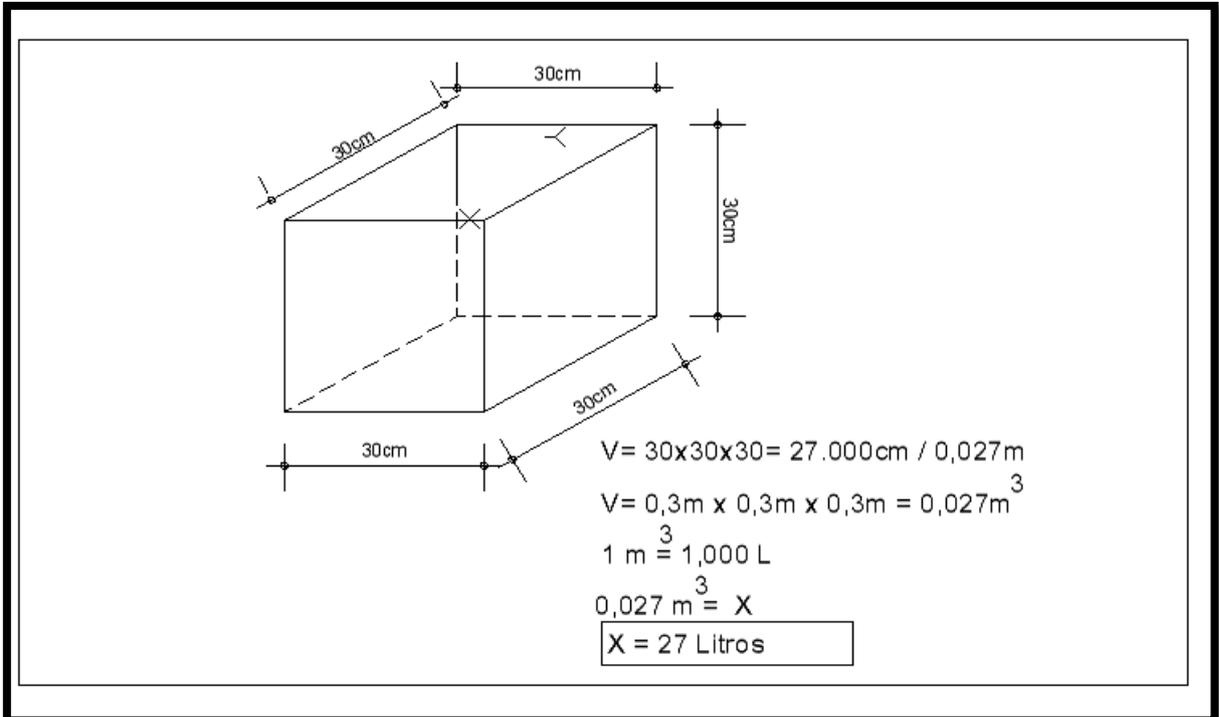
Confeccionou-se um total de 3 maquetes até a versão final. Nesses momentos eram pensados todos os detalhes técnicos do desenvolvimento do protótipo e as questões abstratas foram se materializando e abrindo mais possibilidades. Volpato (1999) afirma que “o reconhecimento imediato de problemas de projeto já é responsável por uma redução do tempo total de desenvolvimento de um produto”.

Quadro 2 - Proposta para o dimensionamento físico do protótipo de aquecimento

<b>Modelo</b>	<b>Dimensões internas (cm)</b>	<b>Dimensões externas (cm)</b>	<b>Volume Interno (L)</b>
MAQUETE	30 X 30 X 30	33 X 32 X 33	27

No cálculo da capacidade do protótipo, usou-se como referência o frasco de solução fisiológica de maior volume (1000 ml), conforme mostra a figura 10.

Figura 10 - Cálculo da capacidade de volume, em litros, para o protótipo de aquecimento.



Foram idealizadas várias maquetes. Contudo o gabinete de aquecimento não seria fixo, para conferir praticidade de acesso ao compartimento de controle (figura 11).

Figura 11 - Maquete do protótipo de aquecimento, vista frontal.



## Etapa II - Desenvolvimento mecânico

### - Material

Foram utilizados os seguintes materiais: madeira, chapa de aço, poliestireno extrudido, pastilhas termoeletricas, sensor de temperatura, display de cristal líquido, relés, dissipadores, *cooler*, fonte de computador e chips *bluetooth*. Usaram-se as seguintes ferramentas e equipamentos: trena, alicate universal, estilete, estojo de parafusos e buchas, tomada, fita crepe, isolante, furadeira, martelo, nível, pregos, serras para madeira, tesoura de chapa, serrote, multímetro e osciloscópio. Para proteção individual: óculos de proteção, luvas e jaleco.

### -Gabinete de aquecimento

O gabinete de aquecimento foi montado utilizando-se placas de alumínio de 0,2 mm, com dimensões da caixa de 30 cm de largura, 30 cm de altura e 30 cm de profundidade.

### - Isolamento Térmico

Utilizaram-se placas de poliestireno extrudido de 0,4 mm, como isolante térmico, colocadas entre as paredes do gabinete de aquecimento e do compartimento do sistema de controle. A escolha dessa substância foi baseada em suas propriedades, descritas no quadro 3.

Quadro 3 - Ficha técnica do isolante térmico do tipo poliestireno extrudido

Característica	Valor	Norma de referência
Condutibilidade térmica ( $\lambda$ )	0,034 W/m.K (30 a 60 mm) 0,036 W/m.K (65 a 100 mm)	EN 12667
Reação ao fogo (Euroclasse)	E	EN ISO 11925-2
Estabilidade dimensional à temperatura específica	$\leq 5\%$ a 70 °C	EN 1604
Deformação sob carga e temperatura condicionadas	$\leq 5\%$ (40 kPa 168h 70 °C)	EN 1605
Temperaturas limites de utilização	-60 / +75 °C	

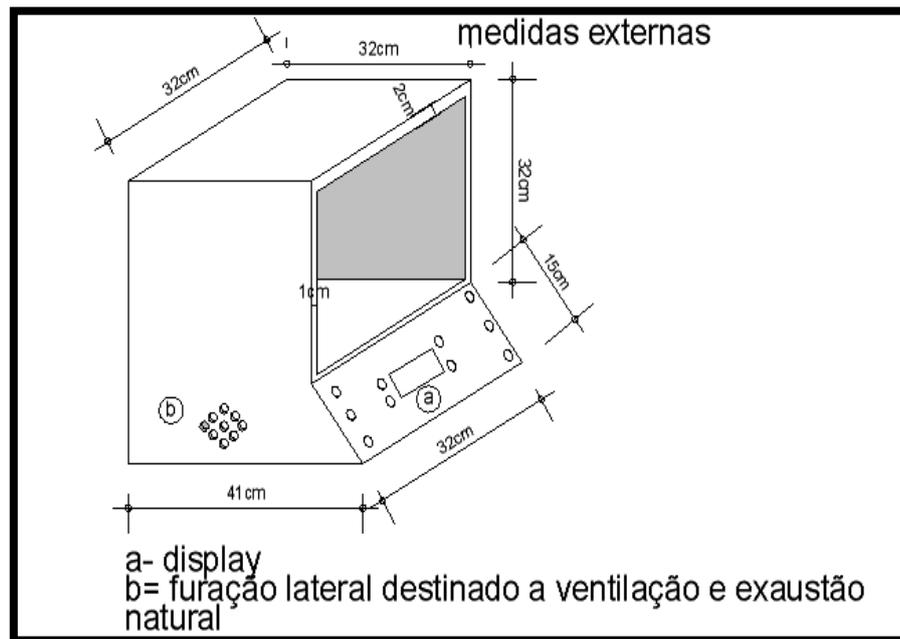
Fonte: <<http://www.techitt.com/>>

- Compartimento do sistema de controle

Foi criada uma plataforma estrutural confeccionada em madeira (placa de 10 mm) com a finalidade de receber todos os componentes ativos e passivos do sistema.

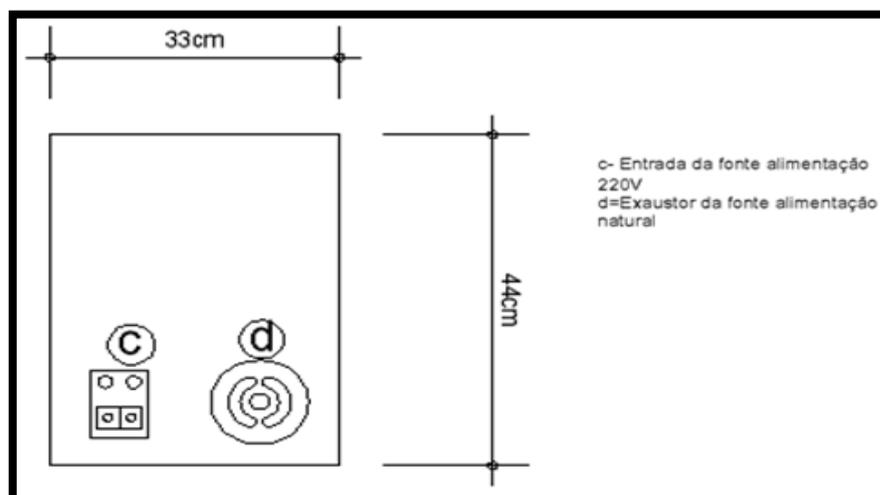
O esquema de protótipo de aquecimento de soluções criado inicialmente está ilustrado na figura 12.

Figura 12 - Esquema do protótipo de aquecimento – faces lateral e anterior



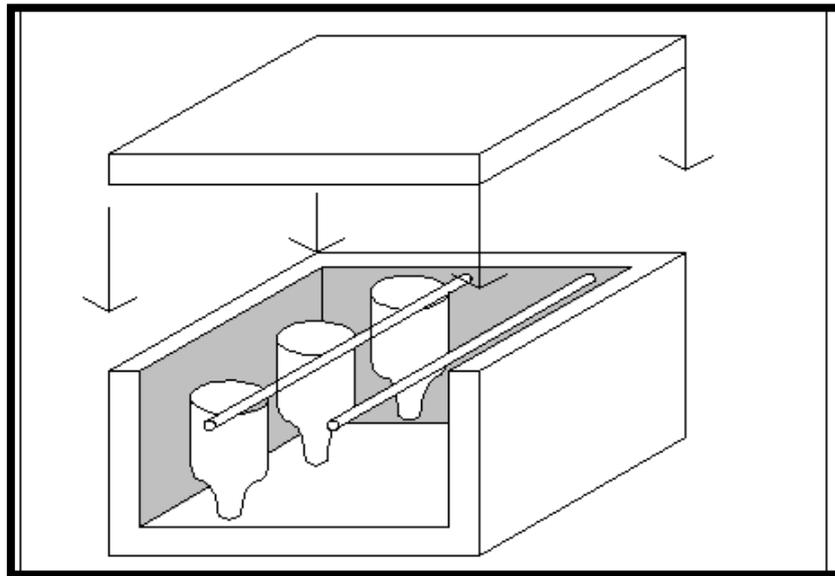
A figura 13 mostra a disposição da entrada da fonte de alimentação e o exaustor da fonte de alimentação.

Figura 13 - Esquema do protótipo de aquecimento – face posterior



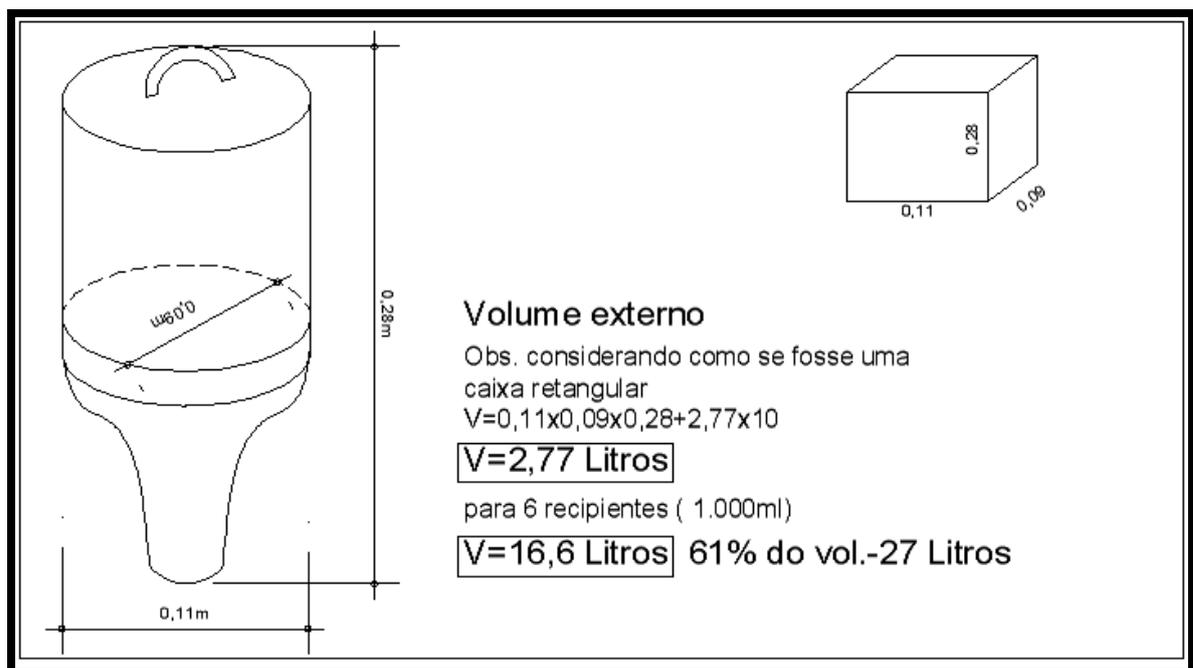
Foi idealizada a disposição suspensa dos frascos de soro, para favorecer a propagação do calor. As hastes para o suporte tinham condutividade térmica bem menor que o material das paredes internas do gabinete (figura 14).

Figura 14 - Disposição dos frascos de soro – espaço interno



Após medir-se o tamanho do frasco de soro fisiológico de 1000 ml, foi calculada a capacidade do protótipo de modo a abrigar seis frascos de 1000 ml (figura 15).

Figura 15 – Determinação da capacidade do protótipo de modo a abrigar seis frascos de soro de 1000 ml.



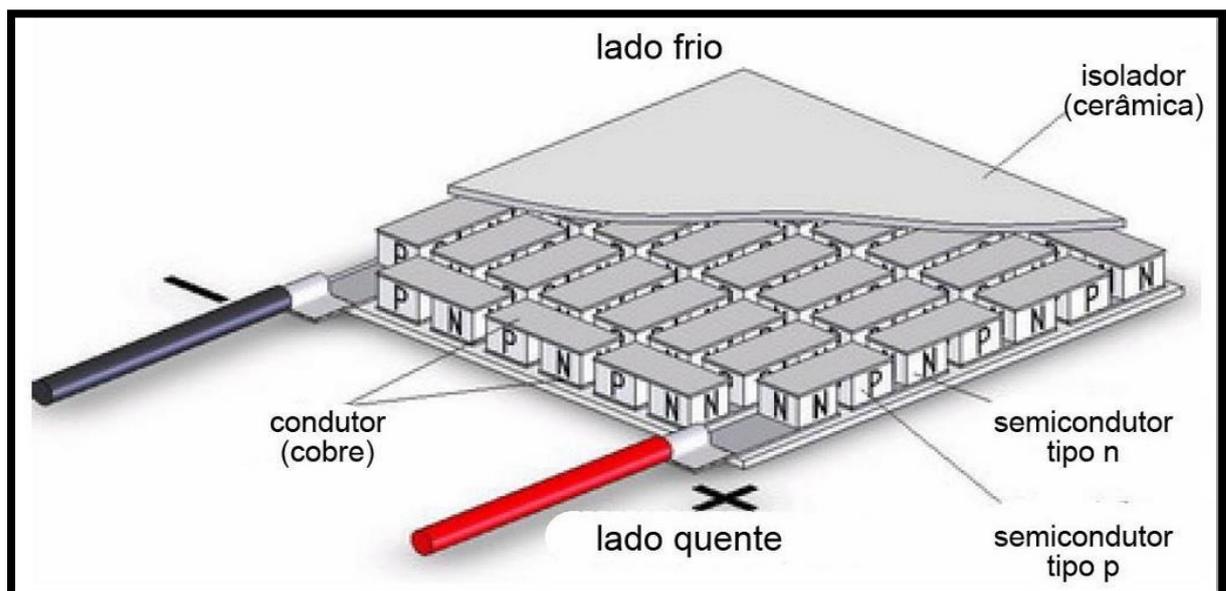
### Etapa III – Desenvolvimento elétrico e eletrônico

#### - Fonte de calor

Optou-se nesse protótipo pelo uso de placas de Peltier (90 W – corrente contínua), conforme ilustrado na figura 14. São pastilhas termoelétricas que operam utilizando o efeito Peltier, ou seja, sob a teoria de que há um efeito aquecedor ou resfriador quando uma corrente elétrica passa por dois condutores. A tensão aplicada aos polos de dois materiais distintos cria uma diferença de temperatura. Graças a essa diferença, o resfriamento Peltier faz o calor mover de um lado ao outro (PELTIER, 1934).

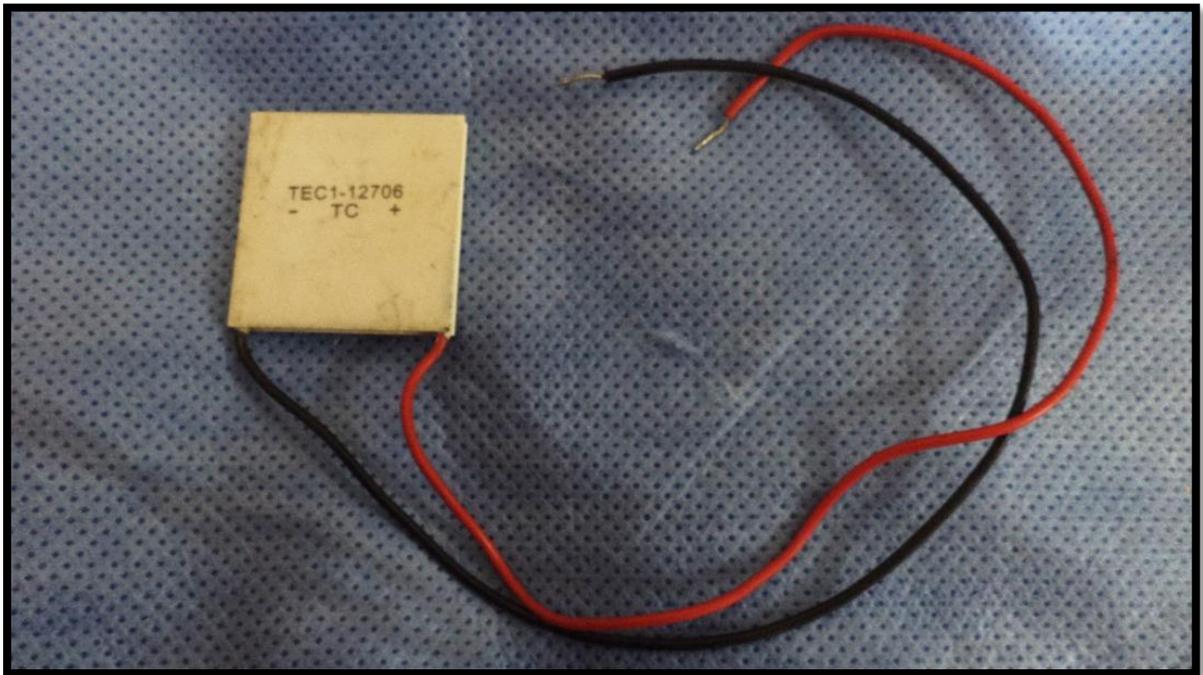
Uma típica pastilha de Peltier contém uma série de elementos semicondutores (figura 16) do tipo-p e tipo-n, agrupados em pares que agirão como condutores (COSTA, 1982). Ela é soldada entre duas placas de cerâmica, eletricamente em série e termicamente em paralelo (figura 17). Quando uma corrente contínua (DC) passa por um ou mais pares de elementos, há uma redução na temperatura da junta (“lado frio”) que resulta em uma absorção do calor do ambiente. Este calor é transferido pela pastilha por transporte de elétrons e emitido no outro lado (“quente”) via elétrons que se movem de um estado alto para um estado baixo. A capacidade de transferência de calor de um resfriador é proporcional à corrente e ao número de pares de elementos tipo-n e tipo-p (PELTIER, 1934).

Figura 16 – Visão interna da Célula de Peltier



Fonte: <<http://www.peltier.com.br/>>

Figura 17 - Célula de Peltier usada no protótipo 1 de aquecimento de soluções



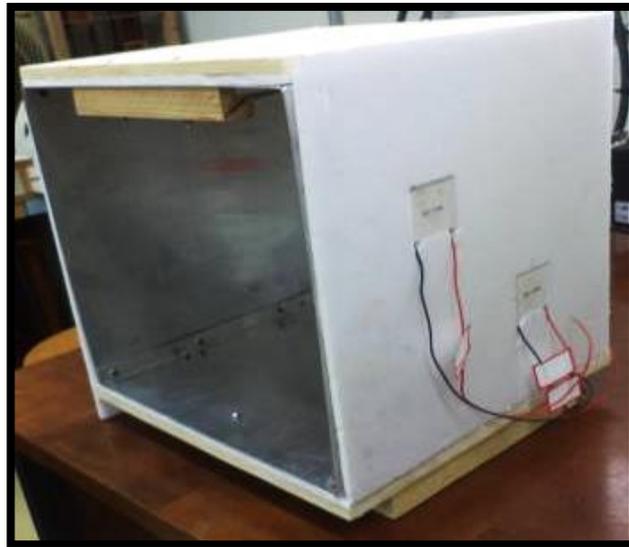
No mercado estão disponíveis várias apresentações, selecionou-se uma placa com características técnicas conforme especificado no quadro 4.

Quadro 4 - Características técnicas das células de Peltier..

<b>Células de Peltier</b>
Modelo TEC1 – 12706
Tensão máxima: 15,2 V
Corrente máxima: 6 A
Diferença de temperatura: 66 °C
Potência: 91,2 W
Medidas: 40 x 40 x 3,4 mm

As células de Peltier foram posicionadas nas paredes laterais do gabinete sendo 02 células de cada lado, conforme ilustra a figura 18.

Figura 18 - Posicionamento das células de Peltier, vista externa



#### - Fontes de Alimentação

Foi utilizada uma fonte de alimentação comum de computador de mesa, com tensão de entrada de 220 V (CA) e saída para o circuito controlador de 5 V (CC) e 12 V (CC), conforme mostra a figura 19.

Figura 19 - Fonte de alimentação localizada na parte posterior do protótipo 1.





- Display

No display LCD (*Liquid Crystal Display*) são mostradas as informações sobre os valores de temperatura (figura 22). Essas informações provêm dos transdutores de temperatura. Eles enviam esses dados para o circuito de potência (figura 23) que, junto com o relé, controla a passagem de corrente elétrica para o equipamento.

Figura 22 - Display LCD localizado na parte frontal do protótipo 1

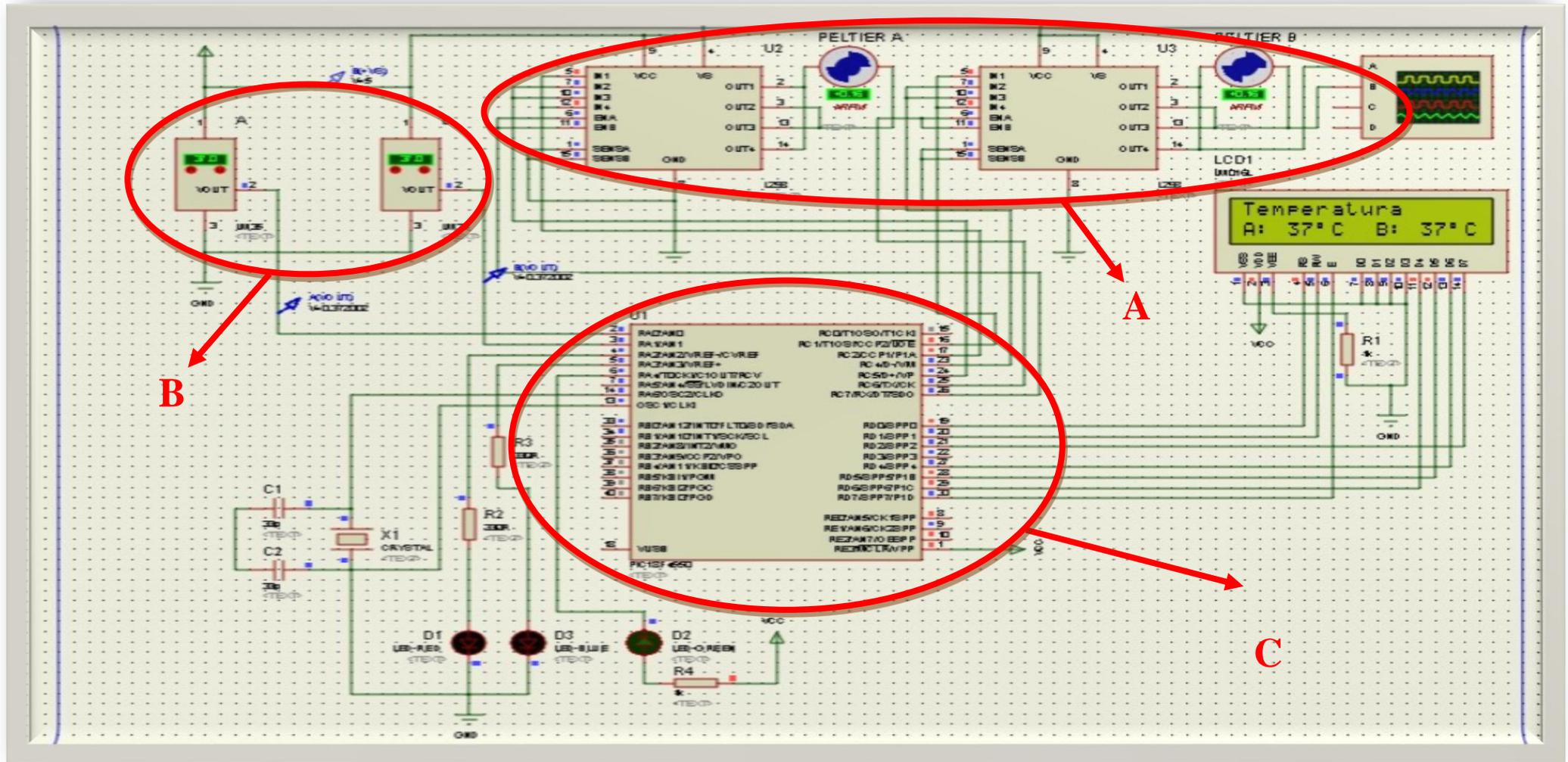


- Desenvolvimento de circuitos de potência elétrica e controladores programáveis de temperatura.

Utilizando-se o software Proteus<sup>R</sup>, foram desenvolvidos e inicialmente simulados digitalmente o circuito de potência elétrica e os controladores programáveis de temperatura.

A figura 23 mostra o teste de simulação de funcionamento do circuito de potência elétrica.

Figura 23 - Teste simulado do circuito de potência no software Proteus<sup>R</sup>



Legenda: A - Células de Peltier B – Transdutores de temperatura C- Indicadores de Aquecimento e Resfriamento

## Ensaio

As pastilhas termoelétricas operam utilizando o efeito Peltier. Assim, uma das superfícies esfria à medida que a outra aquece, e esse calor é dissipado para o ambiente (ROSEN, 2009).

Para melhorar a dissipação térmica, optou-se pelo uso de dissipadores. Os dissipadores passivos aumentam a área de superfície, fazendo com que a energia térmica se desloque com mais facilidade. Ocorre, assim, uma troca de calor entre a fonte (célula Peltier) e o meio ambiente externo. Não possuem ventoinhas.

A figura 24 mostra a disposição dos dissipadores fixados na parte externa do sistema de aquecimento, com ajuda da pasta térmica (base de óxido de alumínio). Eles foram parafusados nas laterais do gabinete de aquecimento.

Figura 24 - Disposição dos dissipadores -vista externa



A tabela 1 mostra o resultado da leitura dos dois transdutores de temperatura (um no interior do protótipo, na parte superior e outro dentro do frasco rígido de solução fisiológica de 1000 ml). Observou-se que o tempo necessário para o gabinete alcançar a temperatura de 38 °C foi de 316 minutos (aproximadamente 5 horas) e o tempo gasto para a solução alcançar 37 °C foi de 949 minutos (aproximadamente 15 horas).

Tabela 1 - Temperatura no interior do protótipo e dentro do frasco rígido de solução fisiológica de 1000 ml.

Tempo – Forno (min.)	Temperatura – Forno (°C)	Temperatura – Soro (°C)
0	23	22
1	23	22
2	23	23
3	23	23
4	23	23
5	23	23
316	38	36
317	38	36
318	38	36
319	38	36
949	38	37
950	38	37
951	38	37
952	38	37
953	38	37

Foram testadas várias maneiras de tornar as células Peltier mais eficientes. Após vários testes, chegou-se à conclusão de que com dois dissipadores passivos de cada lado e um dissipador ativo (*cooler*) provocando a convecção do ar dentro do protótipo o aquecimento seria mais rápido e uniforme.

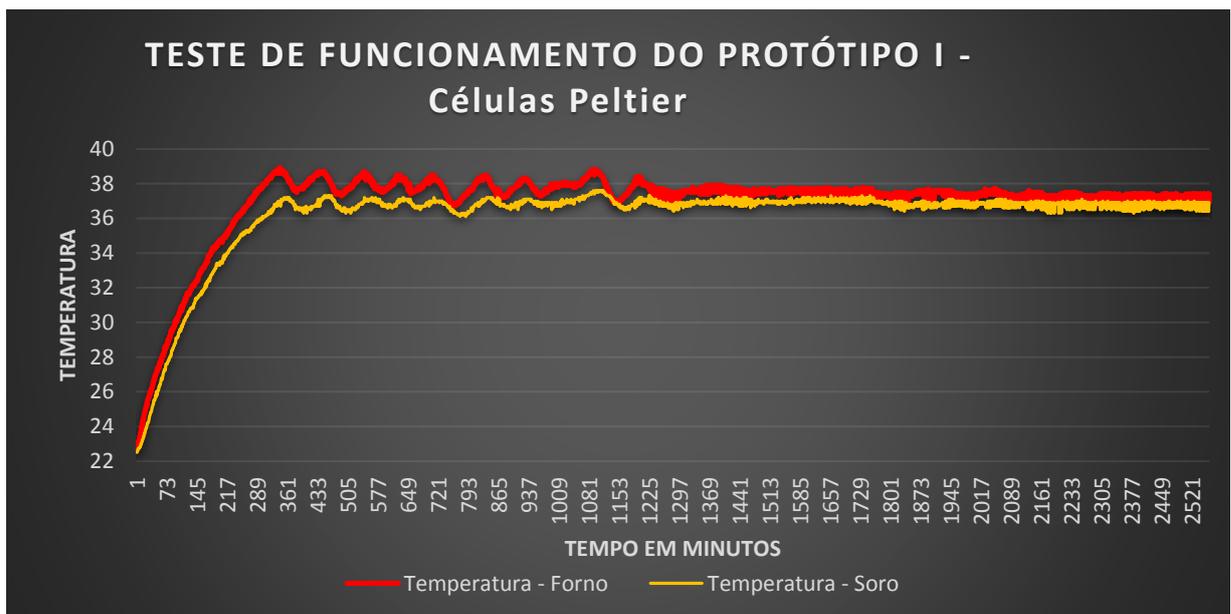
A figura 25 mostra o local em que foi instalado um dissipador ativo (*cooler*). No caso, na parte superior do forno, para forçar a convecção do ar, fazendo com que ele circulasse uniformemente, e levar uma distribuição contínua do fluxo de calor pelo compartimento interno do gabinete.

Figura 25 - Local de instalação do *cooler* – parte superior interna



O gráfico 1 mostra a influência da troca de calor entre o ambiente interno e externo na estabilidade da temperatura alcançada durante aquecimento. Após desligar o ar condicionado do laboratório observa-se a estabilização da temperatura no interior do protótipo.

Gráfico 1 - Temperatura interna do gabinete de aquecimento e temperatura da solução (°C) ao longo do tempo (em minutos) utilizando a tecnologia de células de Peltier



## Discussão

Sabe-se que o soro aquecido à temperatura normal da pele, em torno de 36°C, evita o choque térmico que provoca vaso-constricção dos capilares atrasando a cicatrização (ÉCHELI, BUSATO, 2006). A tecnologia baseada no efeito Peltier se apresentava como potencialmente eficiente para o aquecimento da solução fisiológica para tratamento de feridas.

As células Peltier são baseadas na tecnologia termoelétrica, apresentam menor impacto ambiental e maior eficiência energética (CALTECH, 2012; FERREIRA, VILELA, 2014).

Foram identificadas na literatura (LAMONICA, 2012, MARLOW, 2012) características interessantes dessa tecnologia, tais como: simplicidade do sistema, presença de unidades pequenas e leves, ausência de peças móveis (o que facilita a precisão no controle de temperatura) e o fato de ser totalmente silencioso (ausência de vibração) quando está em funcionamento.

A tecnologia termoelétrica foi eficaz em aquecer os frascos de solução fisiológica, porém, houve demora considerável (949 minutos) para que a temperatura (37 °C) fosse atingida no interior do frasco de soro fisiológico, que pode ser atribuído a baixa eficiência do efeito de Peltier (ALVARADO, 2012).

Após a temperatura alcançar o patamar desejado, o aquecimento manteve-se estável. Com esses resultados, julgamos que o protótipo que usa células de Peltier como fonte de calor pode ser útil no aquecimento de soluções que serão utilizadas 16 horas após o início do funcionamento do dispositivo e para mantê-las aquecidas ao longo do turno de trabalho na sala de curativo.

Este protótipo ainda não é o ideal e para aquecimento mais rápido, assim, é necessário utilizar outra fonte de calor e melhorar o isolamento térmico, e novos experimentos.

### 5.1.2 Protótipo 2: aquecimento por meio de resistência

#### Etapa I - Desenvolvimento mecânico

##### - Material

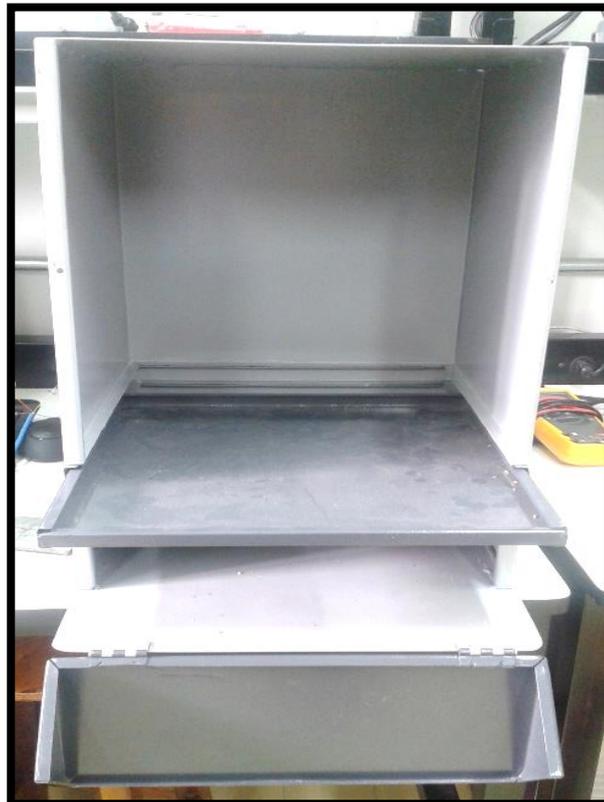
Foram utilizados os seguintes materiais: madeira, chapa de aço inox nº 20, vidro temperado, sensor de temperatura, display, relés. Além disso, foram necessários as seguintes ferramentas e equipamentos: trena, alicate universal, estilete, estojo de parafusos e buchas, tomada, fita crepe isolante, furadeira, martelo, nível, pregos, serras para madeira, tesoura de chapa, serrote e multímetro.

##### - Montagem de toda a estrutura mecânica

Redimensionou-se o compartimento de aquecimento do protótipo 1, acrescentando-se 2 cm na altura e confeccionando-se uma gaveta de 1,8 cm de altura para abrigar a resistência elétrica.

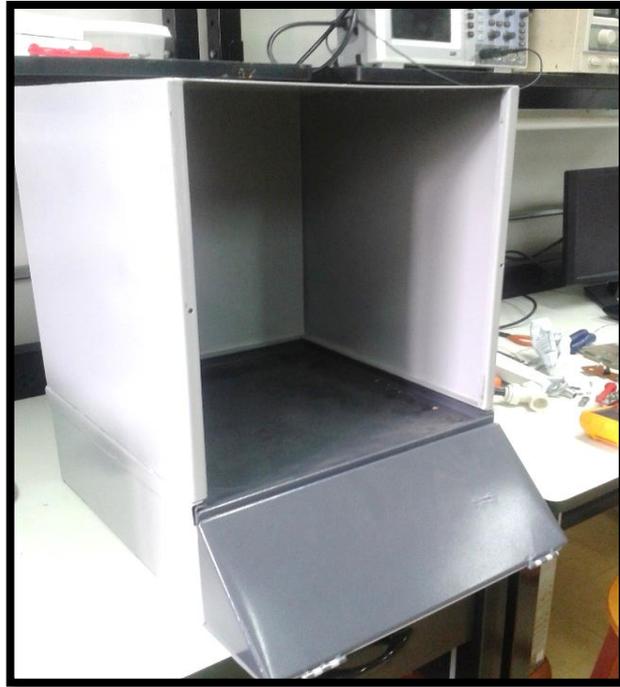
Idealizou-se uma forma de acesso a todo o compartimento do sistema de controle, concretizada na criação de uma abertura frontal (figuras 26 e 27).

Figura 26 - Protótipo 2: vista frontal



As chapas de inox foram cortadas por uma empresa especializada, contratada para esse fim. Depois, foram soldadas e receberam uma pintura eletrostática, também por empresa especializada.

Figura 27 - Protótipo 2: vista lateral



#### - Isolamento térmico

Para o isolamento térmico optou-se por trabalhar com a manta de fibra cerâmica (figura 28), por ser flexível, leve, durável e com alto efeito de isolamento térmico.

Figura 28 - Isolante térmico: fibra cerâmica na forma de rolo



Fonte: <http://www.unifrax.com.br/mantas-de-fibra-cer>

O quadro 5 mostra as características físicas da manta de fibra cerâmica, cujo efeito de isolamento térmico varia de 538 °C (1000 °F) a 1482 °C (2700°F).

Quadro 5 - Características físicas da fibra cerâmica.

Temperatura	1260 °C
Densidade	96 Kg /m <sup>3</sup>
Espessura	12,7mm
Cor	Branca

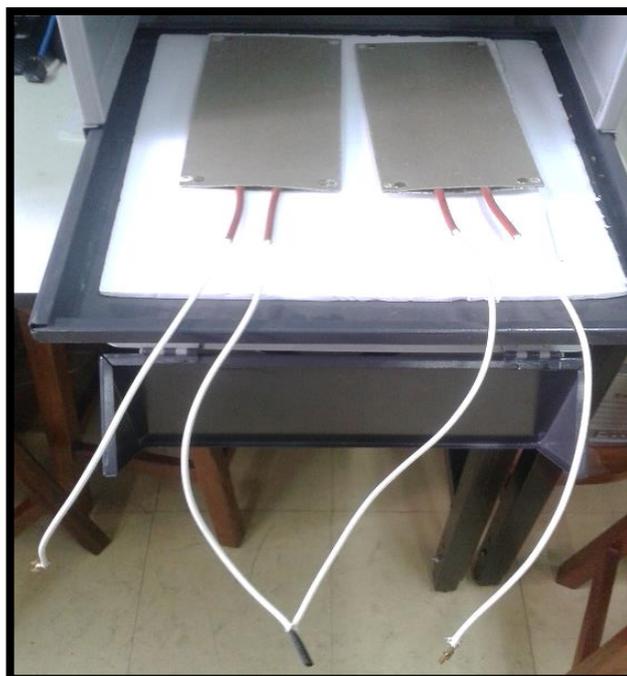
Utilizou-se uma porta de vidro temperado de 2 mm de espessura, que permitiu a visualização interna do compartimento de aquecimento sem causar perda de temperatura. Foram feitos vários moldes da porta até chegar a uma precisão milimétrica. O puxador e as dobradiças são de aço inoxidável.

Etapa II - Desenvolvimento elétrico e eletrônico

- Fonte de calor

Após a montagem do protótipo foram instaladas duas resistências elétricas do tipo placa em mica, de 500 W de potência no compartimento inferior, confeccionado exclusivamente para abrigá-las (figura 29).

Figura 29 - Disposição das resistências elétricas no protótipo de aquecimento de soluções



Uma manta de fibra de cerâmica isolou termicamente os circuitos de potência e de comando. Uma vez instalada a fonte de calor, utilizaram-se as mesmas fontes de alimentação, transdutores de temperatura, *display* e controladores programáveis de temperatura, anteriormente utilizados no protótipo 1.

Os métodos de coleta, registro e transferência de dados também foram os mesmos descritos na etapa anterior.

### Ensaio

No primeiro teste, utilizaram-se os mesmos procedimentos aplicados ao protótipo 1. Não ocorreu transferência de calor para dentro do compartimento de aquecimento. Assim, optou-se por construir uma câmara de madeira em forma prismática e fixá-la na parte externa e inferior do compartimento de aquecimento (figura 30). Colocou-se uma resistência em forma de espiral e *coolers* nas laterais para forçar a entrada e saída do ar quente (figura 31), de modo a otimizar a distribuição do calor no compartimento de aquecimento e assim aumentasse a circulação de ar e uniformizasse a temperatura dentro dele.

Figura 30 - Câmara de madeira em forma prismática para comportar os *coolers*

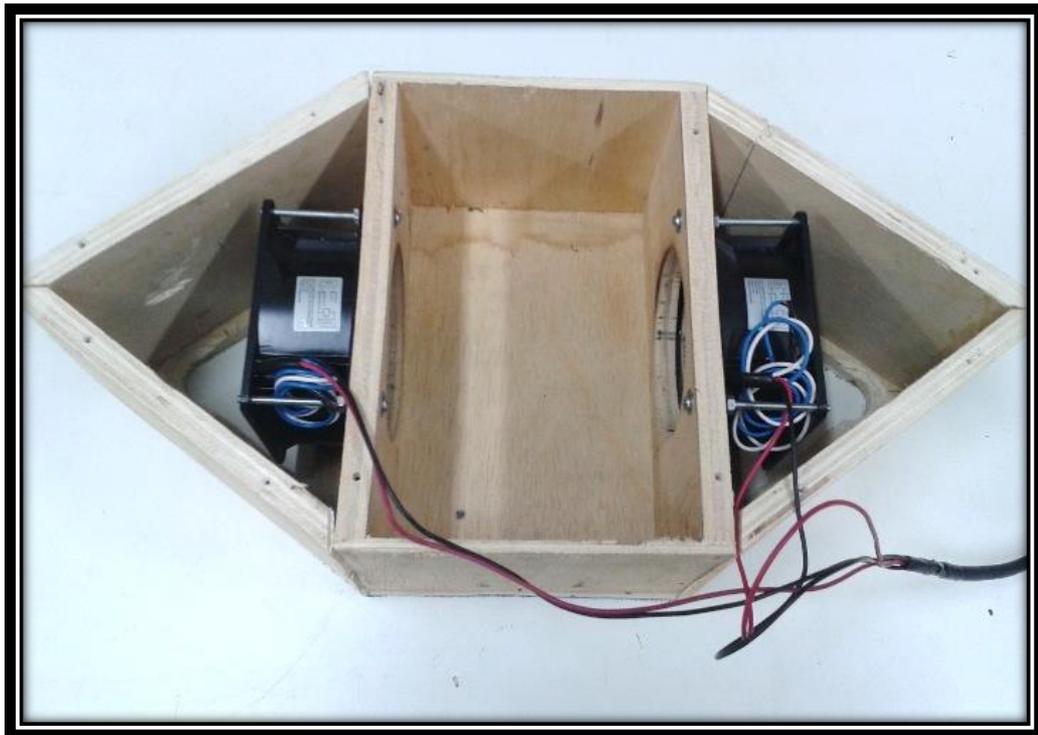
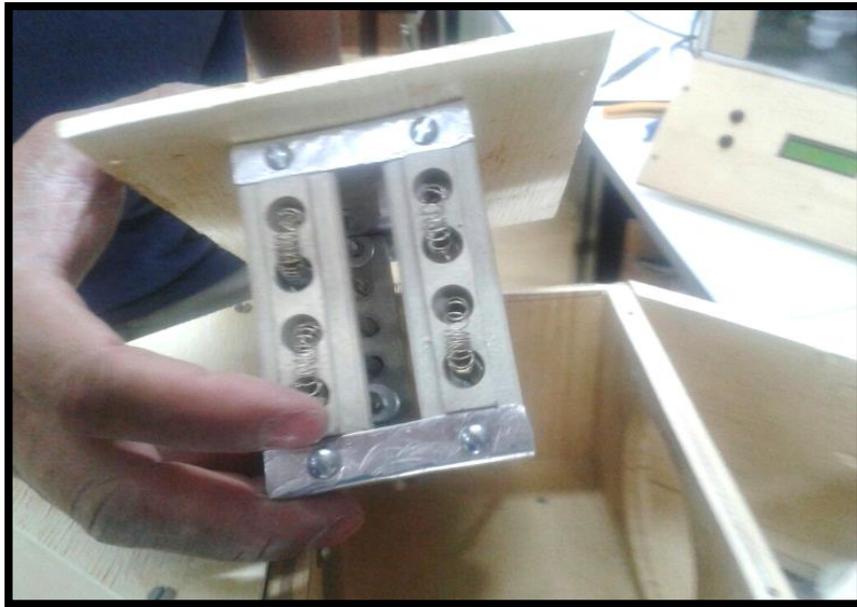


Figura 31 - Resistência em espiral instalada no compartimento central da câmara



Várias técnicas de ar forçado foram utilizadas para que o calor circulasse de maneira homogênea e vários furos foram feitos na parte inferior do gabinete de aquecimento, sendo que os furos maiores coincidem com a estrada e saída de ar quente(figura 32).

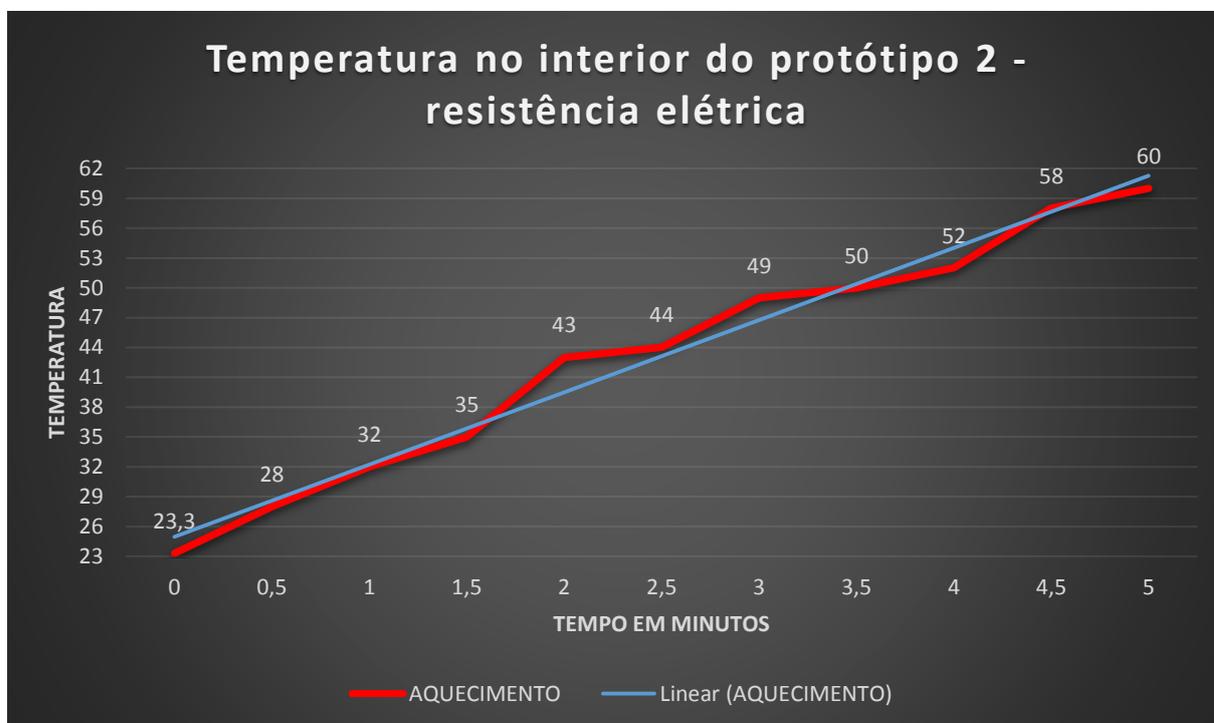
Figura 32 - Gabinete de aquecimento: furos na parte inferior



Com estes ajustes, usando-se como fonte de aquecimento uma resistência elétrica em espiral e, para convecção forçada, dois *coolers*, instalou-se um sensor de temperatura no interior do compartimento de aquecimento. Registrou-se uma temperatura de 60 °C em apenas 5 minutos de funcionamento.

No gráfico 2 estão dispostos os registros da temperatura no forno, durante o processo de aquecimento, onde se observa um ganho rápido de temperatura, no interior do compartimento

Gráfico 2 - Variação da temperatura no interior do protótipo 2 – resistência elétrica, sem carga ao longo de 5 minutos.

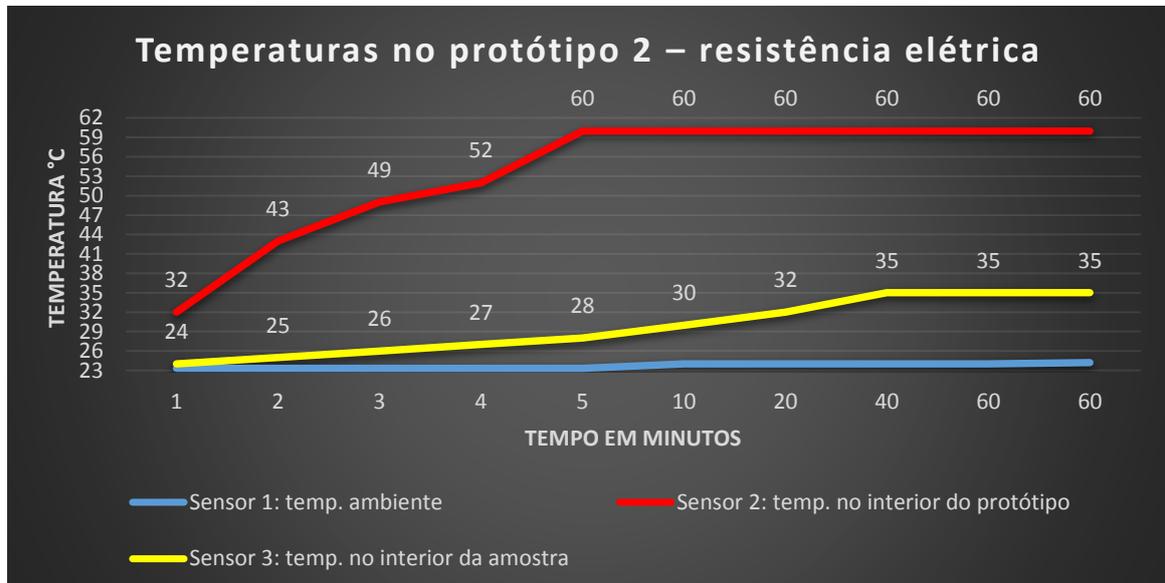


Analisando a temperatura ao longo do tempo, observou-se evolução linear e uma inclinação média acentuada, indicativa de um ganho rápido de temperatura. Carregou-se então o protótipo com a carga máxima, ou seja, seis amostras de frascos rígidos de 1000 ml, e colocou-se um transdutor para monitorar a temperatura externa e interna do protótipo e outro transdutor dentro de um frasco de 1000 ml, distante da entrada de ar quente.

O gráfico 3 mostra a variação das temperaturas registradas pelos três transdutores. O que estava no interior do soro registrou 35 °C em 40 minutos,

enquanto que aquele situado no interior do protótipo registrou 60 °C a partir do 5º minuto.

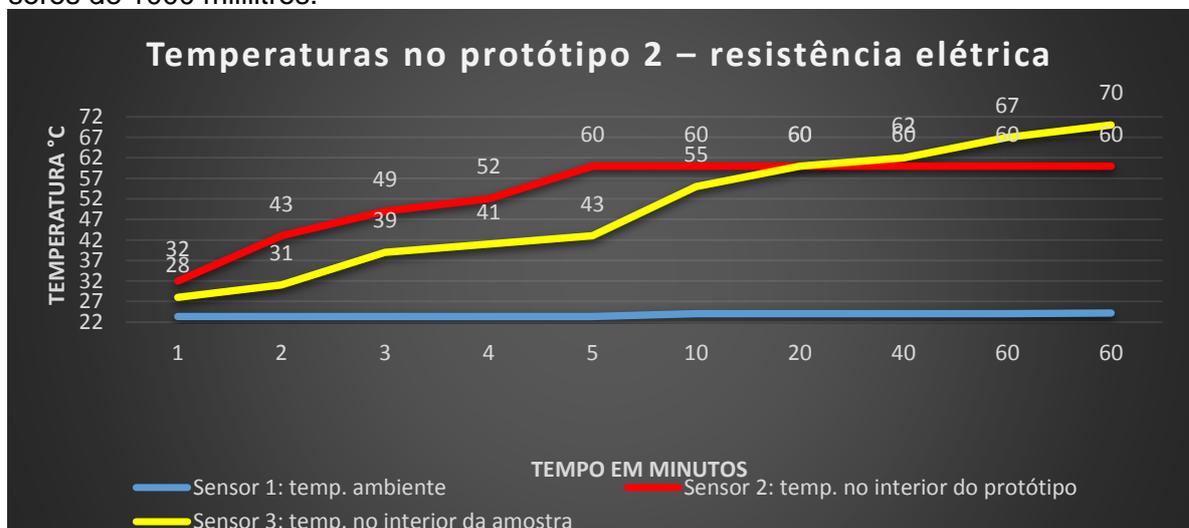
Gráfico 3 - Temperaturas no protótipo 2 – resistência elétrica, ao longo de 60 minutos, com carga máxima de seis frascos de soros de 1000 mililitros.



Nota: O sensor 3 estava instalado no interior do frasco de soro fisiológico de 1000 ml (amostra) que estava mais distante da saída do ar quente.

No gráfico 4, observa-se que o valor de temperatura do soro mais próximo da saída de ar aos 10 minutos de aquecimento era de 55 °C, enquanto no ambiente interno registravam-se 60 °C. O motivo para a diferença de temperatura dos frascos foi a localização de cada soro, em relação à proximidade do fluxo de ar quente.

Gráfico 4 - Comportamento das temperaturas no protótipo com carga máxima de seis soros de 1000 mililitros.



Em três minutos a temperatura do frasco mais próximo a fonte de calor alcançou 39 °C, enquanto que aquele mais distante não alcançou a temperatura desejada, mesmo após uma hora de exposição à fonte térmica, indicando falta de homogeneidade de transferência de calor.

## Discussão

A energia produzida por meio de resistores provoca fenômenos de convecção, condução e radiação (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012) oferecendo um gradiente de temperatura dentro do gabinete do protótipo.

Com base nos testes realizados, verificou-se que não foi possível obter suficiente controle da temperatura do protótipo para a obtenção de uma temperatura homogênea nas soluções. Portanto o protótipo de aquecimento baseado na transferência de calor por resistência elétrica não mostrou eficácia, devido ao aquecimento não homogêneo.

Assim, é necessário investir em tecnologias que minimizem esse efeito. Até que isso se resolva, o protótipo não tem aplicação na prática clínica.

### 5.1.3 Protótipo 3: aquecimento por micro-ondas

#### Etapa I - Estrutura mecânica

Decidiu-se estudar as possibilidades de utilização da tecnologia de micro-ondas, a partir da decodificação do sistema de controle de um forno micro-ondas (FMO), ou seja, usando-se a engenharia reversa para desenvolver um sistema de controle com vistas a atender a necessidade de aquecer soluções para tratamento de feridas.

#### - Material

Utilizaram-se os seguintes materiais: 01 forno micro-ondas, 01 Arduino Mega, 02 transdutores de temperatura LM35, 02 barras de pinos machos, 07 botões *push-button*. Além disso, utilizaram-se as seguintes ferramentas e equipamentos: alicate universal, chave de fenda, multímetro, osciloscópio e termômetro infravermelho.

#### - Estrutura mecânica

Utilizou-se um forno micro-ondas com potência máxima de 1000 W, à frequência de 2.450 MHz (LG Electronics) – Modelo MS3047GA (figura 33).

Figura 33 - Forno micro-ondas a partir do qual se desenvolveu o protótipo 3



Fonte: LG Electronics - <<http://www.clasf.com.br/q/microondas-lg-30-lt>>

#### - Isolamento térmico

Para isolar termicamente o sensor de temperatura instalado nas paredes internas do forno micro-ondas, utilizou-se o mesmo tipo de isolamento térmico do protótipo II, ou seja, a manta de fibra cerâmica, por ser flexível, leve, durável e com alto efeito de isolamento térmico, variando de 538 °C (1000 °F) a 1482 °C (2700 °F).

#### - Disposição dos frascos de solução

No forno micro-ondas as amostras foram aquecidas uma de cada vez; o frasco foi posicionado no centro do prato giratório. O frasco de 1000 ml, por ser de tamanho que ultrapassa a circunferência do prato, teve de ser dobrado na extremidade, na parte que dá acesso à entrada e saída de soluções.

### Etapa II: Desenvolvimento elétrico e eletrônico

Para entender o funcionamento do aparelho micro-ondas, pesquisaram-se na literatura vários esquemas de circuito de chaves internas das portas de forno micro-ondas. A maioria tinha o mesmo princípio: três chaves de controle geral (primária, secundária e monitora), além do circuito de controle, responsável por ativar a lâmpada, o motor do prato, a ventoinha e o magnétron.

Realizaram-se testes para identificar o tempo necessário para que as soluções alcançassem a temperatura de 40 °C. Em um soro de 1000 ml de embalagem rígida, verificou-se a temperatura antes do aquecimento ( $T_{\text{inicial}}$ ) com um sensor infravermelho e acionou-se o aquecimento no FMO por 15 segundos. Aferiu-se a temperatura do soro no terço médio do frasco. Colocou-se outro soro de 1000 ml para aquecer durante 30 segundos e constatou-se que o ganho de temperatura foi de 1°C para cada 6 segundos.

Foram realizados testes para determinar os tempos que cada frasco de soro (de 100 ml, 250 ml, 500 ml e 1000 ml) levaria para atingir a temperatura próxima dos 40°C (Tabela 2).

Tabela 2 - Tempo em que os frascos de soro rígido e flexível de diferentes volumes (100 mililitros, 250 mililitros, 500 mililitros e 1000 mililitros) atingiram a temperatura de 40 °C no forno micro-ondas.

<b>Embalagem</b>	<b>Volume (ml)</b>	<b>Tempo (s)</b>
Rígida	100	12,60
Flexível	100	10,0
Rígida	250	28,6
Flexível	250	29,8
Rígida	500	55,7
Flexível	500	54,6
Rígida	1000	102,8
Flexível	1000	96,07

Para identificar e registrar a sequência de dados e decodificá-los, abriu-se o forno micro-ondas, localizou-se e retirou-se o painel de controle e analisaram-se o circuito e os terminais da fita condutora (figura 34), mediante o uso de um multímetro (figura 35) e de um osciloscópio (figura 36).

Figura 34 - Terminais da fita condutora

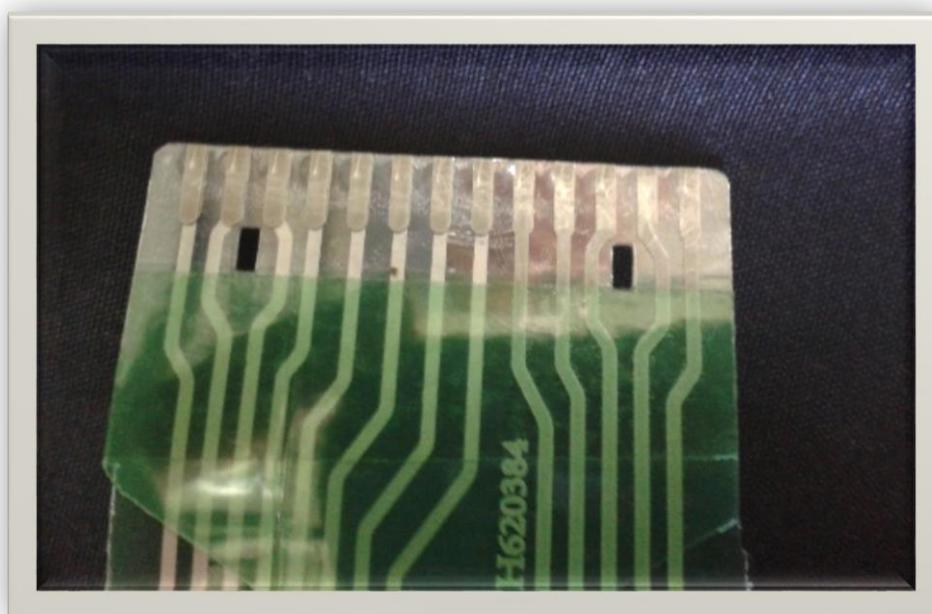
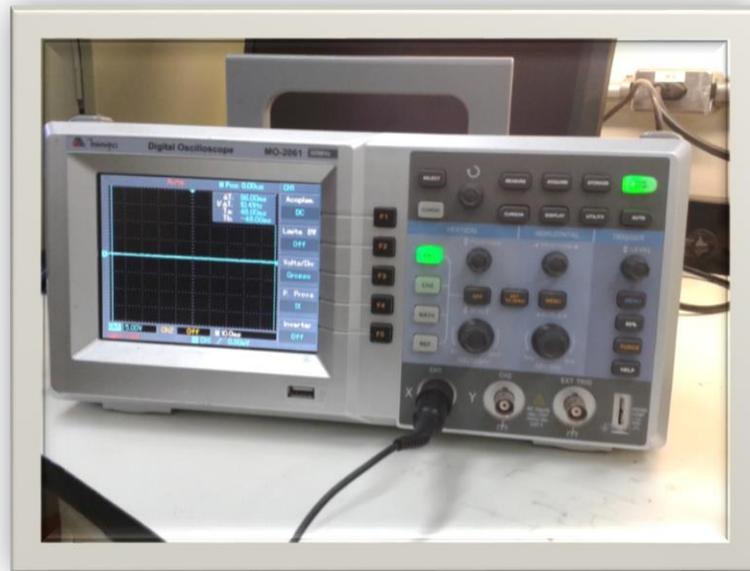


Figura 35 - Identificação do circuito elétrico com o uso de um multímetro



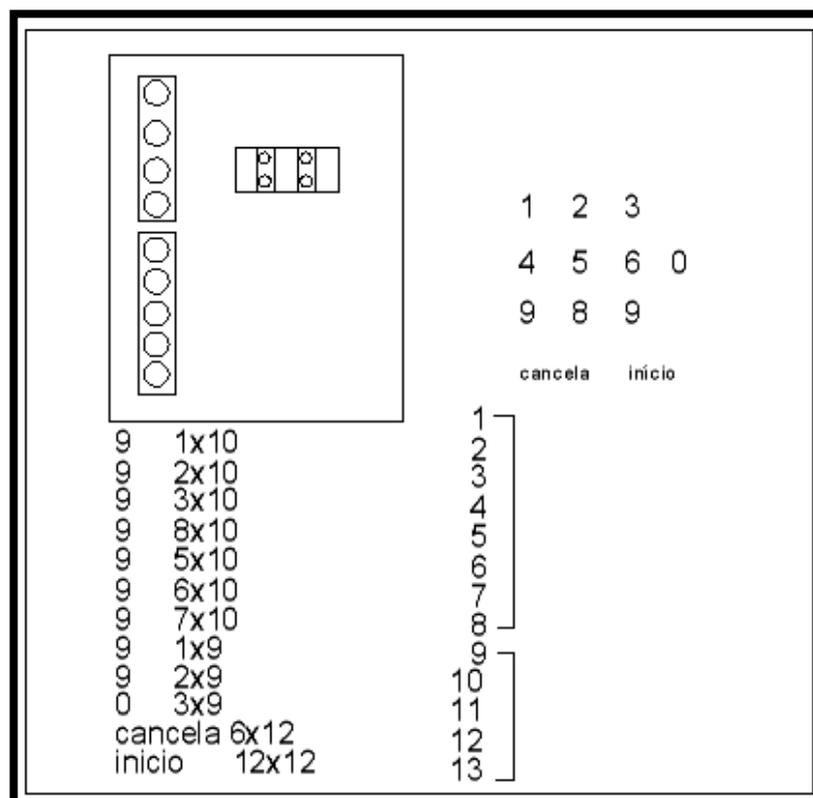
O osciloscópio é um instrumento utilizado em eletrônica que permite visualizar graficamente os sinais elétricos e analisá-los. Na maioria das aplicações, ele mostra como é a variação da tensão de um sinal elétrico com o passar do tempo (ALVES, 1998).

Figura 36 - Osciloscópio utilizado para medir a amplitude e a frequência do sinal elétrico



Com base nos dados obtidos dessas leituras foi realizada a decodificação do funcionamento do micro-ondas (figura 37).

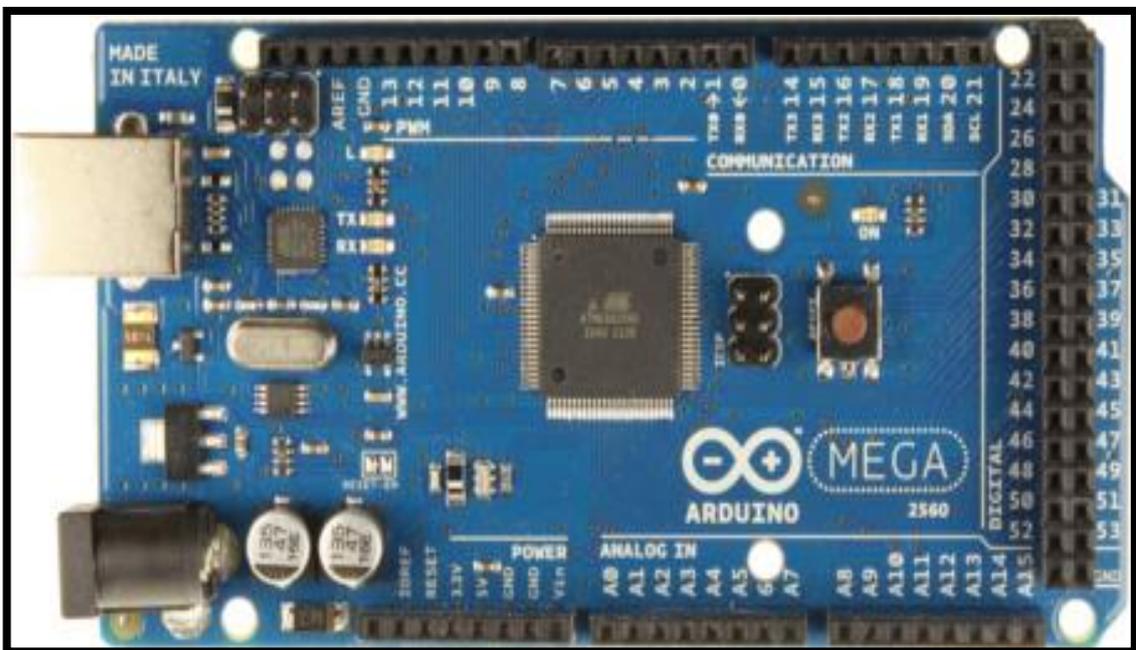
Figura 37 - Código decodificado após a identificação de funcionamento



Em seguida, foi instalado um Arduino (figura 38), que é uma plataforma de prototipagem eletrônica de *hardware* livre e de placa única, já programada com os dados característicos para o funcionamento do novo sistema, em substituição à placa de circuito eletrônico existente no forno micro-ondas. Instalou-se, também, um transdutor de temperatura na parte externa do forno.

Os testes não foram satisfatórios devido ao travamento do Arduino e às altas temperaturas externas registradas pelos transdutores que captavam todo o calor resultante do aquecimento do equipamento.

Figura 38 – Arduino

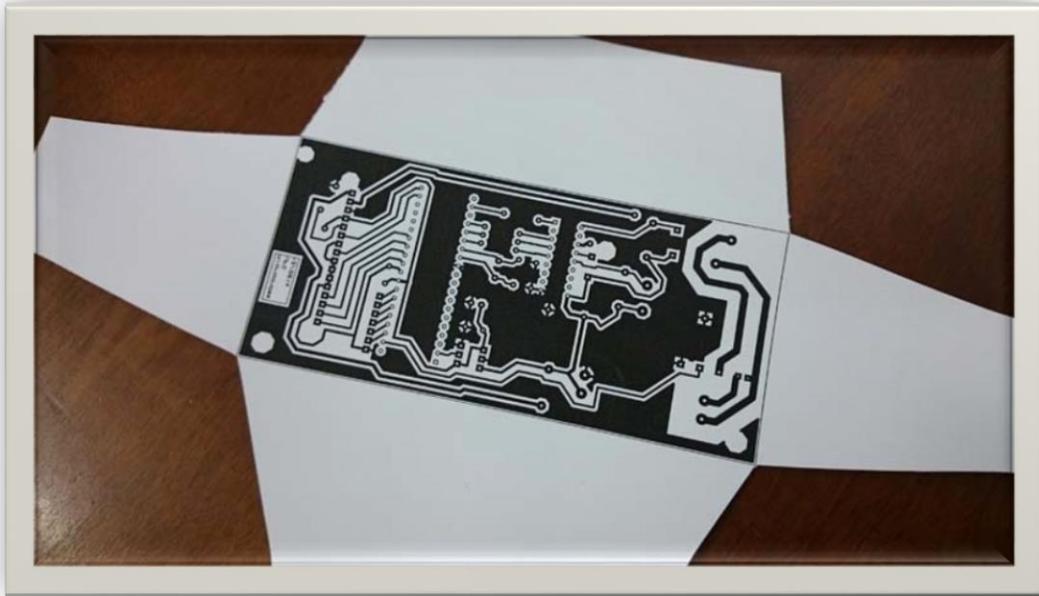


Em substituição à placa de circuito eletrônico, foi montado pelo engenheiro elétrico um novo esquema do circuito de controle e criado um algoritmo para controlar todo o sistema, simulado pelo programa Proteus®.

Após os testes simulados de funcionamento, realizou-se a confecção da placa de circuito em substituição ao Arduino, usando o método da transferência de toner. Esse método é utilizado na confecção caseira de placas de circuito impresso, devido à sua simplicidade combinada a resultados satisfatórios. Ele consiste dos seguintes passos:

a) Impressão a *laser* da máscara do circuito em um papel tipo *glossy* (figura 39);

Figura 39 - Máscara do circuito em papel



b) transferência dessa máscara para uma placa de circuito cobreada virgem por meio de um ferro de passar em alta temperatura (figuras 40 e 41);

Figura 40 - Placa de circuito cobreada virgem

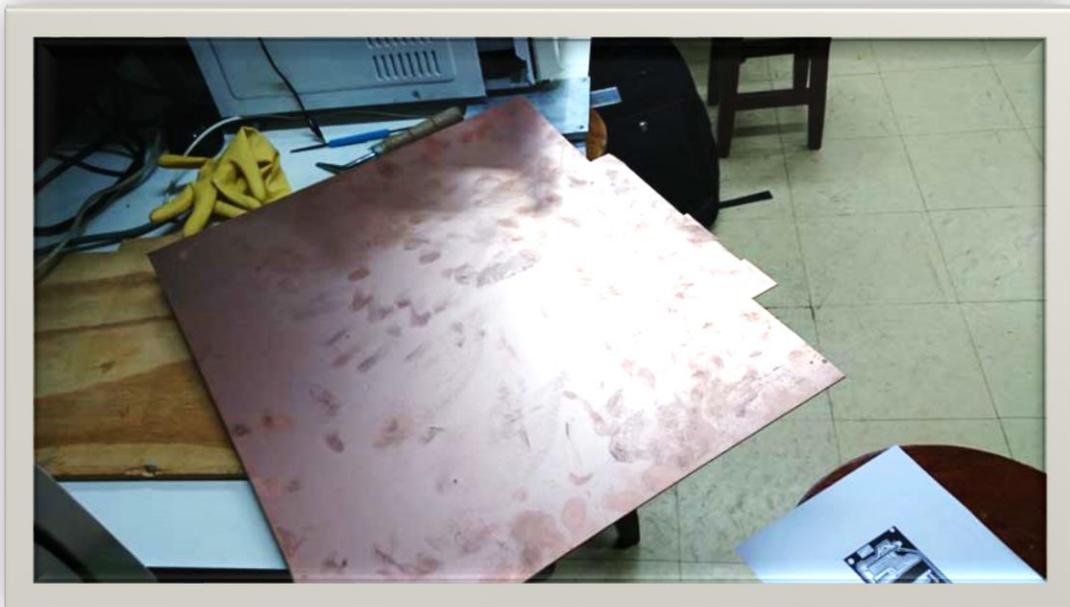


Figura 41 - Transferência por meio de ferro de passar em alta temperatura



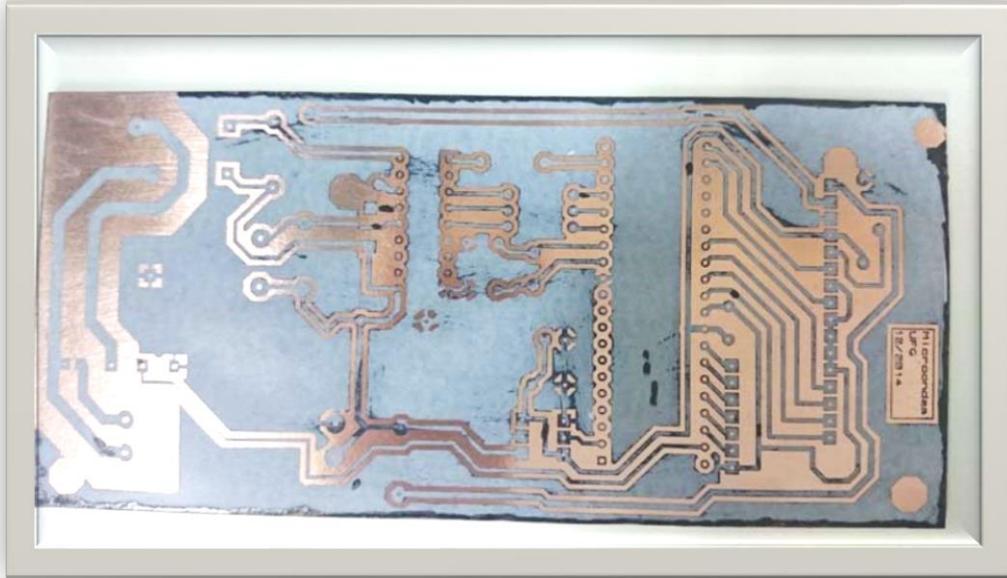
c) deixar a placa de molho em água por 5 minutos e remover em seguida, cuidadosamente, a camada de papel, de forma a não danificar a parte que aderiu ao cobre (figura 42);

Figura 42 - Placa de molho em água



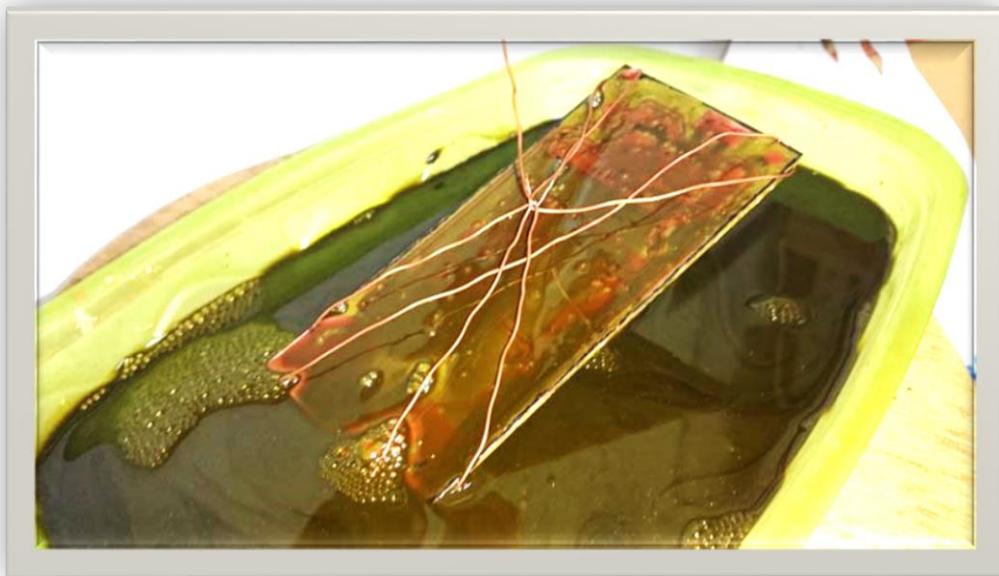
- d) retocar com caneta específica para desenho de circuitos as partes danificadas no processo (figura 43);

Figura 43 - Retoques da placa circuito eletrônico



- e) mergulhar a placa em perclorato de ferro e aguardar a corrosão do cobre exposto (figura 44);

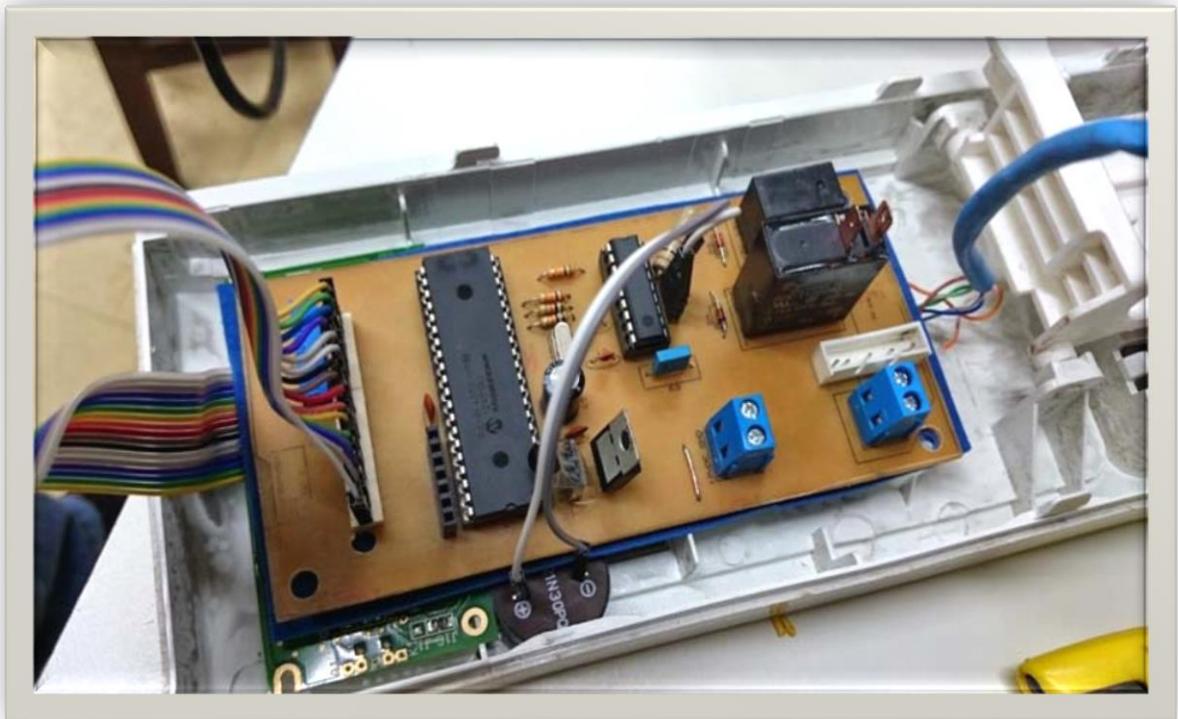
Figura 44 - Mergulho da placa em perclorato de ferro



- f) retirar a placa e lavá-la com água abundante;
- g) remover a máscara ainda presente na placa, com palha de aço ou removedor de tinta.

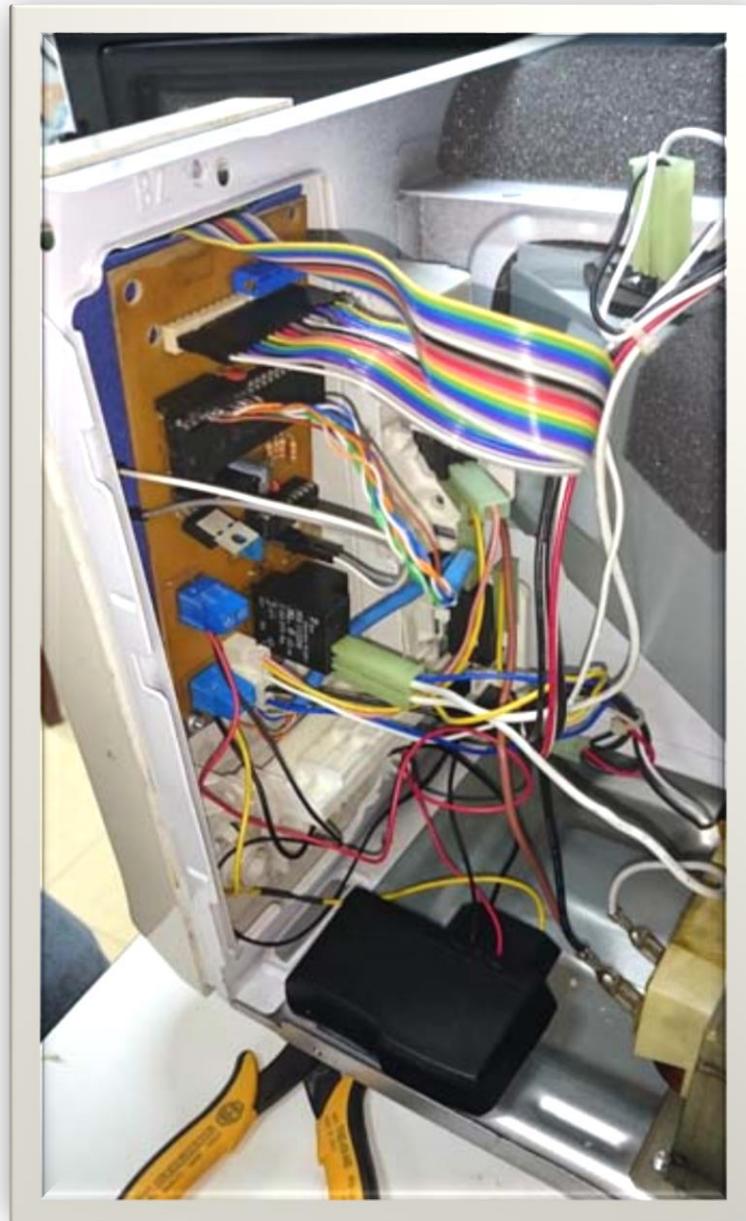
Após cumpridas todas essas etapas, foi necessário perfurar a placa e soldar os componentes eletrônicos. Por fim, ela foi envernizada de forma a evitar oxidação e curto-circuito e assim posicionada (figura 45):

Figura 45 - Placa de circuito eletrônico adaptada ao painel do FMO



O circuito foi projetado de forma a enviar texto para uma tela de cristal líquido (LCD), onde são mostradas informações e instruções do funcionamento do forno. Além disso, ele ativa e desativa o relé de controle de lâmpada/motor/ventoinha. O relé de controle do magnétron, de acordo com os comandos recebidos, também calcula o tempo de aquecimento conforme a temperatura ambiente e o volume de frasco escolhido (figura 47).

Figura 46 - Circuito elétrico eletrônico adaptado ao FMO



Sabendo que o transdutor de temperatura sofre interferência da temperatura ao seu redor, realizou-se a divisão da superfície externa superior, frontal e lateral do forno micro-ondas em quadrantes e da superfície interna das paredes (fundo, frontal e laterais) em regiões, para leitura da temperatura. Em seguida, acionou-se o forno micro-ondas adaptado por várias vezes a cada 40 minutos e, ao final de 8 horas, verificou-se a temperatura em toda superfície com um sensor infravermelho nos quadrantes determinados previamente (figuras 47 e 48). Constatou-se que o forno aquecia na região próxima ao magnétron.

Figura 47 - Média de temperaturas na superfície externa do forno micro-ondas adaptado, após 8 horas de uso.

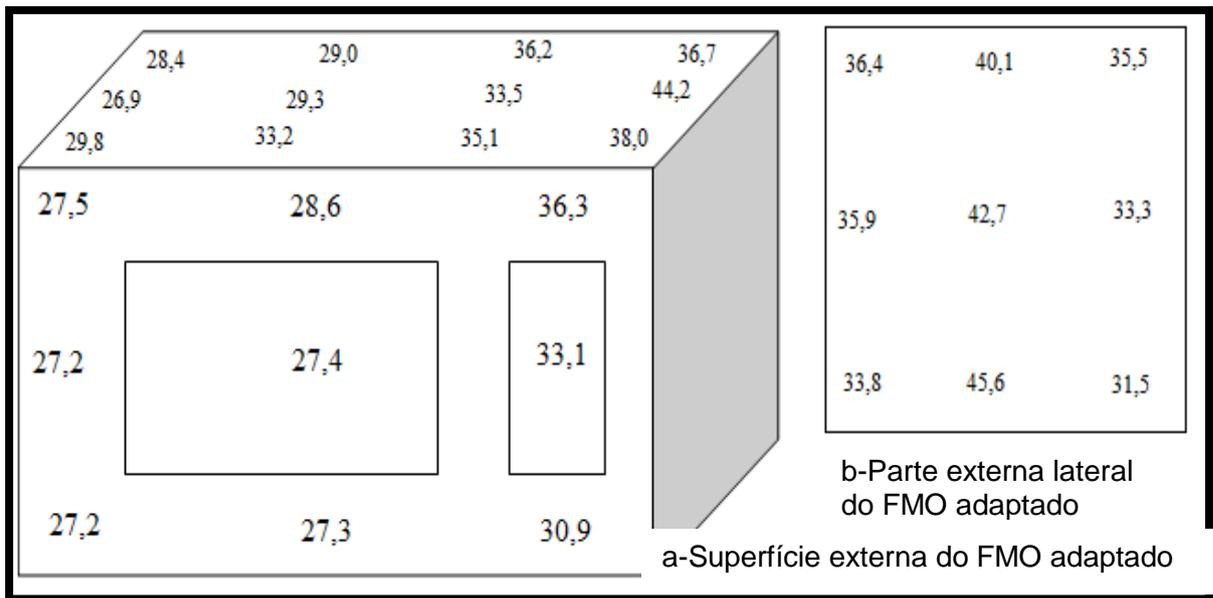
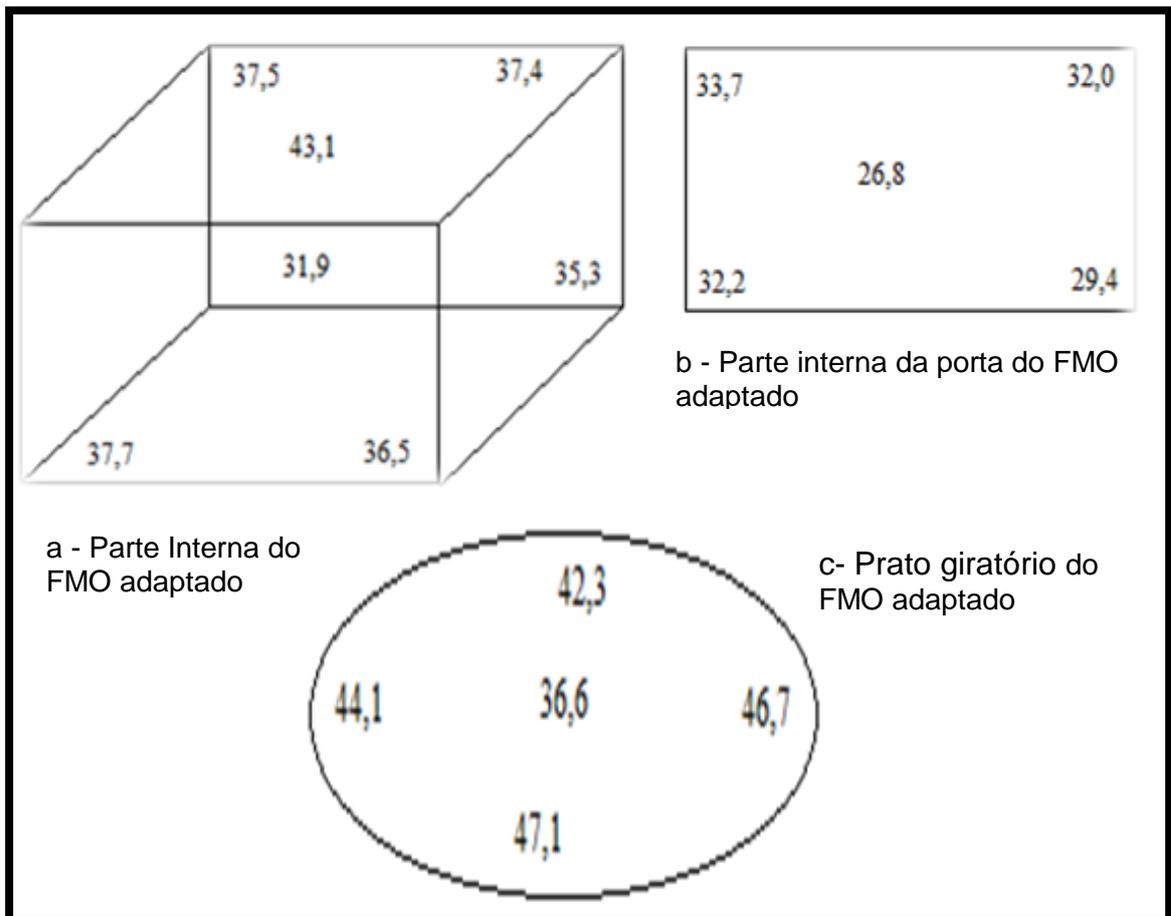


Figura 48 - Temperaturas na superfície interna do forno micro-ondas adaptado, após 8 horas de uso



Assim, optou-se por instalar o transdutor de temperatura o mais distante possível, (ou seja, do lado oposto ao do magnétron), revestido da manta de cerâmica, mediante o qual foi realizada a leitura da temperatura, antes do uso do forno.

Na programação, caso o forno tivesse sido utilizado nos últimos dez minutos, a temperatura ambiente detectada no início seria considerada de referência. Dessa forma, o forno poderia ser usado em sequência sem que ocorressem erros de leitura devido ao próprio aquecimento.

O funcionamento do transdutor ocorreu com êxito, respondendo bem aos comandos.

A figura 49 mostra o forno micro-ondas adaptado e o *design* do painel onde ficam os botões de acionamento com suas identificações por volume de soro.

Figura 49 - Forno micro-ondas adaptado para aquecimento de soluções na área de saúde – FMO-AAS-AS



## Ensaio

Foram realizados testes para determinação do tempo necessário para aquecer a 40 °C frascos de soro fisiológico de 100, 250, 500 e 1000 ml, em embalagens rígida e flexível. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Práticas Fundamentais de Enfermagem da Universidade Federal de Goiás.

Materiais e equipamentos: um forno micro-ondas adaptado para aquecer soluções de uso na área de saúde (FMO- AASAS), regulado para a potência máxima de 1000 W, à frequência de 2.450 MHz (LG Electronics), modelo MS3047GA; 5 frascos de diferentes volumes (100 ml, 250 ml, 500 ml e 1000 ml), de embalagens diferentes (rígida e flexível); termo-higrômetro (MT-240-Minipa) e termômetro a *laser* modelo Infrared DT 380.

### - Procedimento de obtenção e registro de dados:

Antes do aquecimento todos os frascos foram colocados suspensos em um suporte (figura 50) e o volume da solução foi dividido em três partes iguais, as quais foram demarcadas em terços (inferior, médio e superior), posteriormente foi calculado e marcando o ponto médio de cada terço, o qual foi tomado como referência as leituras de temperaturas.

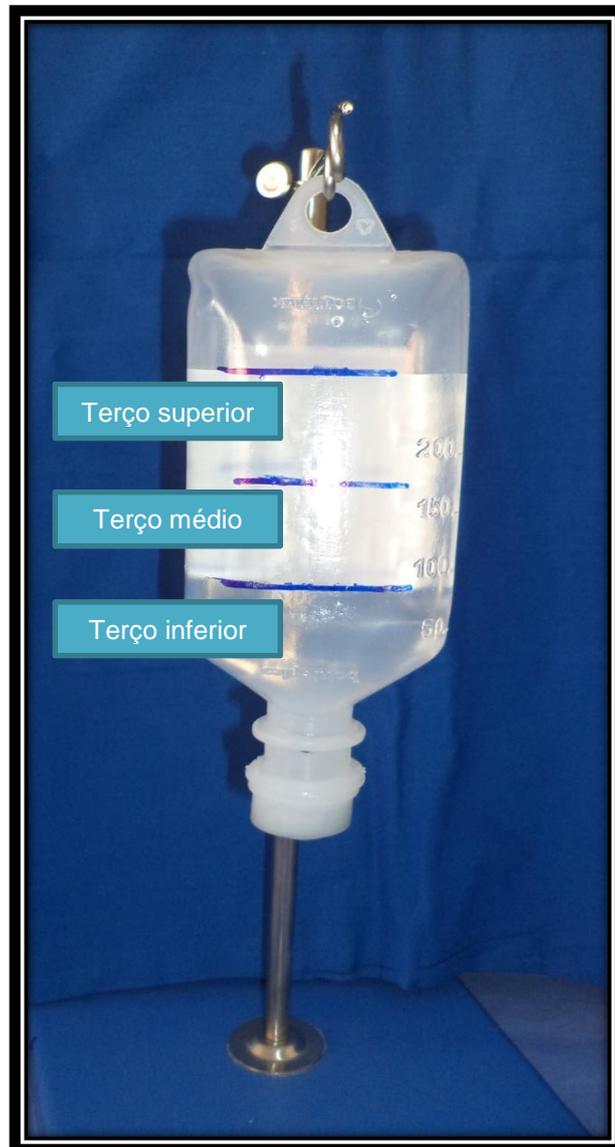
Realizou-se a leitura da umidade relativa do ar e da temperatura ambiente com um termo-higrômetro (MT-240-Minipa) e aferiu-se a temperatura inicial da solução de cada frasco utilizando-se um termômetro a *laser* (Infrared DT 380) posicionado a uma distância de aproximadamente 10 cm do frasco.

Para obter uma leitura sem que houvesse perda de calor da amostra na ocasião da abertura da porta do forno micro-ondas, realizou-se a seguinte técnica: cada frasco de soro foi colocado no forno por diferentes tempos. A primeira amostra permaneceu 5 segundos, a segunda 10 segundos, a terceira 15 segundos, e assim sucessivamente, até alcançarem a temperatura desejada pelo experimento (40 °C).

Após o aquecimento e da retirada de cada amostra do forno micro-ondas, realizou-se a leitura da temperatura da solução com um leitor a *laser* posicionado a uma distância de aproximadamente 10 cm do frasco, apontado para a região medial dos terços inferior, médio e superior de cada frasco.

Manteve-se distância acima de 1 metro entre as soluções a serem aquecidas e o forno micro-ondas, para minimizar os efeitos da radiação térmica. O ar condicionado foi mantido desligado.

Figura 50 - Frascos suspensos para demarcação do nível da solução e delimitação dos terços.



Durante os experimentos com os frascos de 100 ml, embalagem rígida, a umidade esteve em 45%, a temperatura ambiente esteve em 27,7 °C e 27,8 °C, em média, e a temperatura inicial do soro ficou entre 26,4 °C e 27,4. Observou-se uma diferença nas leituras da temperatura nos terços da solução. O tempo que o soro levou para atingir a temperatura de 40 °C foi maior que 15 segundos e menor que 20 segundos de aquecimento (tabela 3).

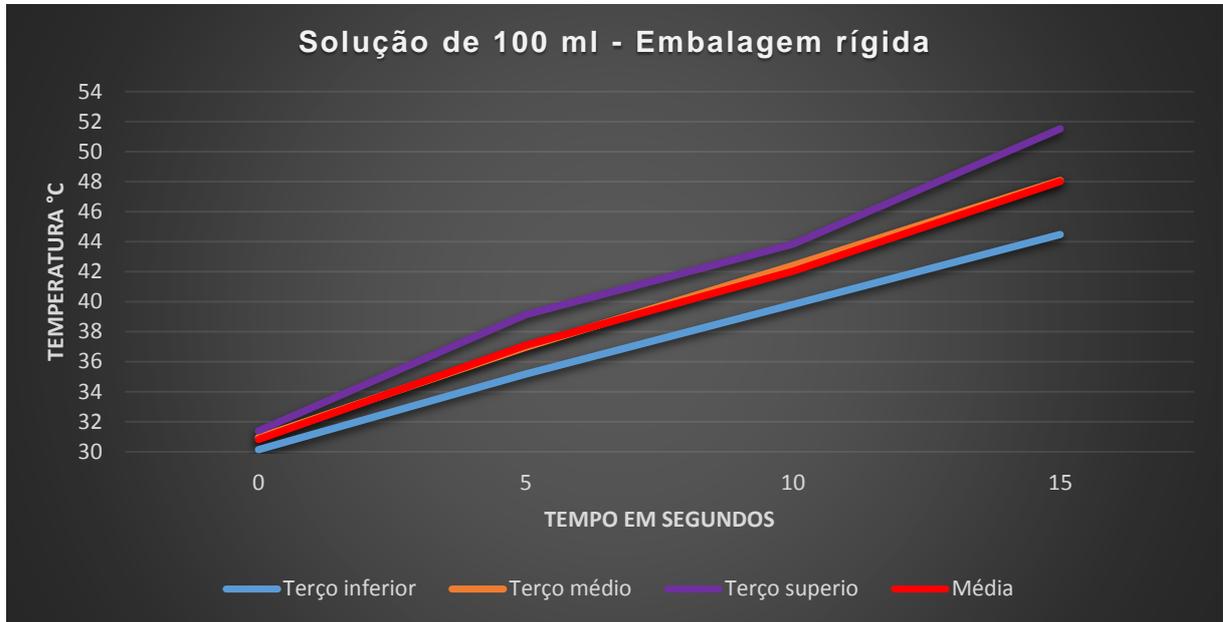
Tabela 3 - Temperatura obtida em frasco de soro de 100 mililitros- embalagem rígida, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.

AQUECIMENTO EM FORNO MICRO-ONDAS							
EMBALAGEM RÍGIDA 100 ml SEM AGITAÇÃO							
Volume da Solução	Umidade relativa do ar %	Temperatura °C ambiente	Temperatura °C inicial do soro	Temperatura °C após 5 segundos de aquecimento			
				Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Média
100	45	26,5	26,9	32,2	31,7	32,2	
100	45	26,5	27,1	30,4	31,4	32,4	
100	45	26,5	26,8	29,2	30,4	30,8	
100	45	26,5	27,2	29,8	31,1	31,3	
100	45	26,5	26,9	29,1	30,1	30,3	
Média	45	26,5	26,98	30,14	30,94	31,4	30,8
DP	0	0	0,16	1,26	0,67	0,90	0,6
Temperatura em °C após 10 segundos de aquecimento							
100	45	26,5	26,8	34,7	36,7	39,5	
100	45	26,5	27,2	35,2	36,3	38,4	
100	45	26,5	26,7	35,4	36,4	38,2	
100	45	26,5	26,6	34,7	36,1	39,4	
100	45	26,5	27,1	35,9	39,4	40,2	
MÉDIA	45	26,5	26,88	35,18	36,98	39,14	37,1
DP	0	0	0,26	0,51	1,37	0,83	2,0
Temperatura em °C após 15 segundos de aquecimento							
100	45	26,5	27,3	37,7	42,6	44,7	
100	45	26,5	26,9	40	41,9	43,1	
100	45	26,5	26,8	40,6	42,6	43,8	
100	45	26,5	26,9	39,5	42,2	44,1	
100	45	26,5	27,4	41,3	42,8	43,5	
Média	45	26,5	27,06	39,82	42,42	43,84	42,0
DP	0	0	0,27	1,36	0,36	0,61	2,0
Temperatura em °C após 20 segundos de aquecimento							
100	45	26,6	27,2	44,7	48,5	52,3	
100	45	26,6	27,2	45,5	50,3	51	
100	45	26,6	26,9	45	49,1	52,2	
100	45	26,6	26,4	42,9	46,5	51,1	
100	45	26,6	26,8	44,3	46	51	
MÉDIA	45	26,6	26,9	44,48	48,08	51,52	48,0
DP	0	0	0,33	0,99	1,80	0,67	3,5

Nota: DP = desvio padrão

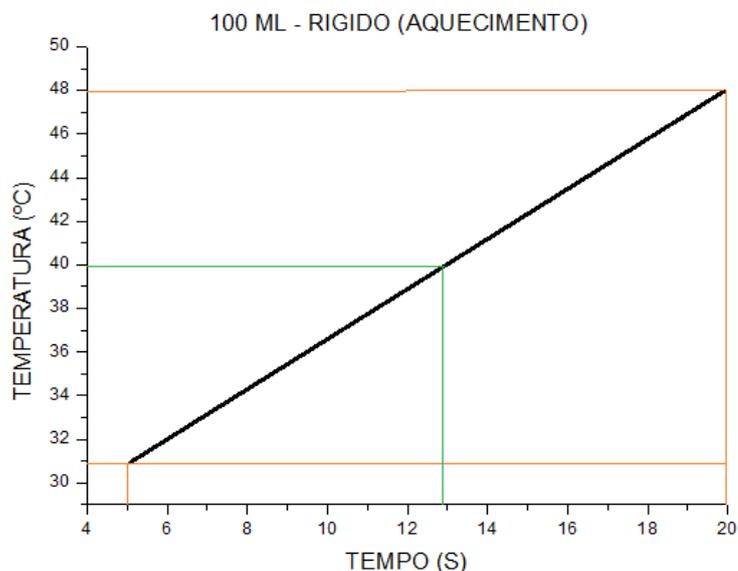
O gráfico 5 mostra a temperatura nos terços da solução e a média das temperaturas nestas áreas.

Gráfico 5 - Média da temperatura obtida nos terços dos frascos de soro de 100 mililitros - embalagem rígida, e média geral da temperatura, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.



Estudando o comportamento da variação da temperatura, observou-se a distribuição dos valores médios da temperatura ao longo do tempo com tendência linear (gráfico 6) no período observado, e, assim, realizou-se uma aproximação e aplicou-se a equação da reta e identificou-se a constante (k).

Gráfico 6 - Variação da temperatura do soro no frasco rígido de 100 mililitros ao longo do tempo de aquecimento em forno micro-ondas.



Legenda: linha alaranjada = pontos de intersecção dos intervalos da reta.  
Linha verde = pontos de intersecção da temperatura de 40 °C

A partir do gráfico 6, realizou-se o cálculo para determinar o tempo de aquecimento necessário a essa solução, nessa embalagem, para alcançar a temperatura de 40 °C, assumindo-se 25,5 °C como a temperatura inicial da solução.

$$\text{Cálculo } k = \frac{T_f - T_i}{t_f - t_i}$$

$$k = \text{tg}\theta = \frac{48 - 30,8}{20 - 5}$$

$$k = 1,15$$

$$T(t) = k \cdot t + T_0$$

$$T(t) = 1,15 \cdot t + 25,5$$

$$\text{Para } T(t) = 40^\circ\text{C}$$

$$40 = 1,15 \cdot t + 25,5$$

$$t = \frac{14,5}{1,15}$$

$$t = 12,60 \text{ s}$$

Legenda:

k = coeficiente de inclinação da reta

T<sub>f</sub> = temperatura final em graus Celsius

T<sub>i</sub> = temperatura em graus Celsius após aquecimento inicial

t<sub>f</sub> = tempo em segundos de aquecimento final

t<sub>i</sub> = tempo em segundos, de aquecimento inicial

tgθ = Inclinação da reta

Legenda:

T = Temperatura em graus Celsius

t = tempo em segundos

k = coeficiente de inclinação da reta

T<sub>0</sub> = temperatura do soro antes do aquecimento

Nos experimentos com a embalagem flexível de 100 mililitros, a umidade relativa do ar esteve em 44%, a temperatura ambiente esteve entre 27,7 °C e 27,8 °C e a temperatura inicial do soro encontrava-se entre 27 °C e 27,8 °C. O tempo em que o soro levou para atingir a temperatura média de 40 °C foi em torno dos 15 segundos de aquecimento (Tabela,4).

Tabela 4 - Temperatura obtida em frasco de soro de 100 mililitros - embalagem flexível, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.

(continua)

AQUECIMENTO EM FORNO MICRO-ONDAS							
EMBALAGEM FLEXÍVEL DE 100 mililitros   SEM AGITAÇÃO							
Volume da Solução	Umidade relativa do ar %	Temperatura °C ambiente	Temperatura °C inicial do soro	Temperatura °C após 5 segundos de aquecimento			
				Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Média
100	44	26,6	26,6	31,2	31,6	31,4	
100	44	26,6	27,1	32	31,8	31,5	
100	44	26,6	26,8	29,7	30,5	31	
100	44	26,6	26,7	30	30,9	31,3	
100	44	26,6	27,2	29,7	31,1	31,9	
Média	44	26,6	26,88	30,52	31,18	31,42	31,0
DP	0	0	0,23	1,03	0,53	0,33	0,5

Tabela 4 - Temperatura obtida em frasco de soro de 100 mililitros - embalagem flexível, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.

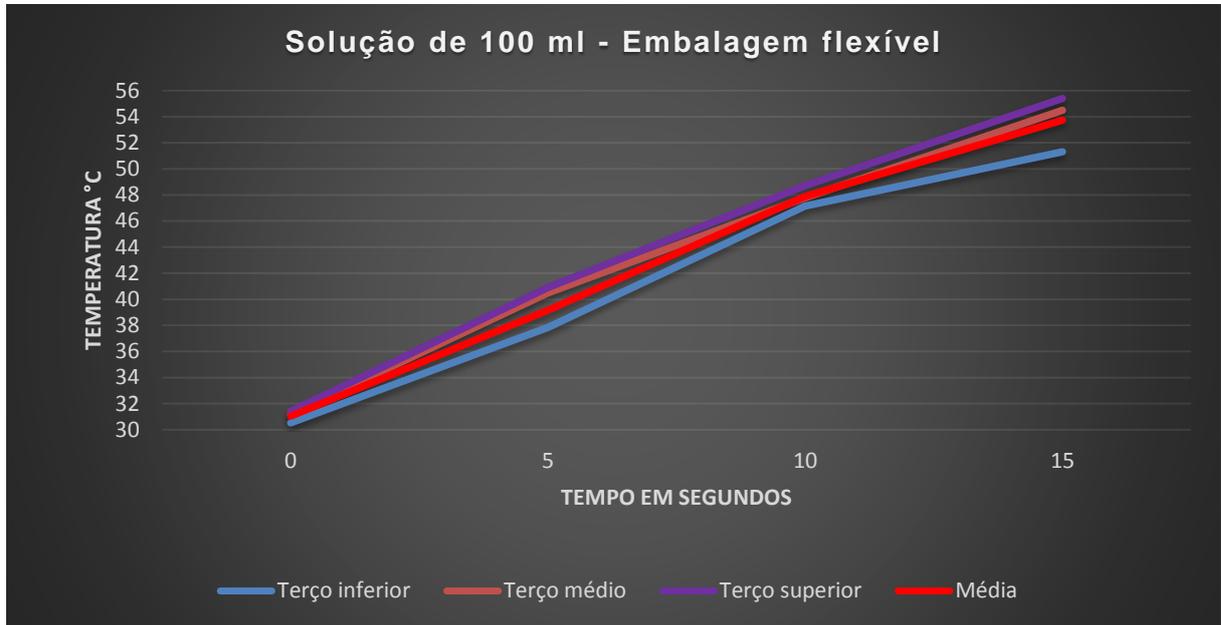
(conclusão)

AQUECIMENTO EM FORNO MICRO-ONDAS							
EMBALAGEM RÍGIDA DE 100 mililitros SEM AGITAÇÃO							
Volume da Solução	Umidade relativa do ar %	Temperatura °C ambiente	Temperatura °C inicial do soro	Temperatura em °C após 10 segundos de aquecimento			
				Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Média
100	44	26,6	26,2	40,1	41,1	41,5	
100	44	26,6	26	36	38,7	39,3	
100	44	26,6	26,5	37,3	41,6	41,9	
100	44	26,6	26,5	39,5	41,1	40,7	
100	44	26,6	26,3	36,3	40	41,2	
MÉDIA	44	26,6	26,3	37,84	40,5	40,92	39,2
DP	0	0	0,29	1,86	1,16	1,01	1,7
Temperatura em °C após 15 segundos de aquecimento							
100	44	26,7	26,4	47,5	47,8	49,1	
100	44	26,7	26,7	49,4	50,4	49,5	
100	44	26,7	26,5	45,6	45,9	47	
100	44	26,7	26,6	45,1	46	47,8	
100	44	26,7	26,1	48,2	48,8	50,2	
Média	44	26,7	26,46	47,16	47,78	48,72	47,9
DP	0	0	0,29	1,80	1,91	1,30	0,8
Temperatura em °C após 20 segundos de aquecimento							
100	44	26,7	26,6	51,5	55	56,8	
100	44	26,7	26,3	53,4	55,5	55,3	
100	44	26,7	26,5	50,3	53,2	54,4	
100	44	26,7	26,9	51,2	54,1	55,3	
100	44	26,7	26,2	50,1	54,7	55,2	
MÉDIA	44	26,7	26,5	51,3	54,5	55,4	53,7
DP	0	0	0,21	1,31	0,89	0,87	2,2

Nota: DP = desvio padrão

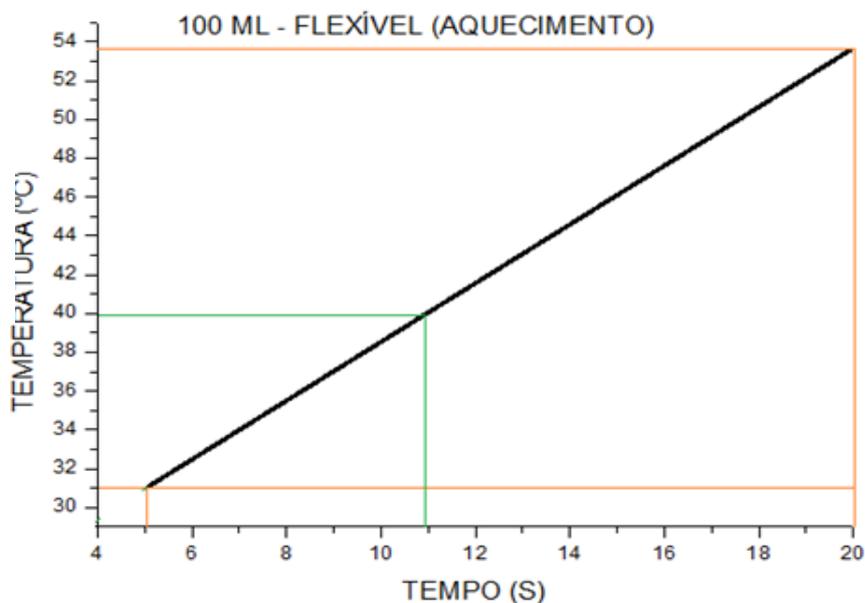
No gráfico 7 é apresentado a variação da média da temperatura em cada um dos terços da solução ao longo do tempo e a média das temperaturas no período.

Gráfico 7 – Média da temperatura obtida nos terços dos frascos de soro de 100 mililitros - embalagem flexível, e média geral da temperatura, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.



Assumiu-se que o comportamento da variação da temperatura média da solução ajusta-se à distribuição linear. Assim, aplicou-se a equação da reta para identificação da constante (gráfico 8).

Gráfico 8 - Variação da temperatura do soro no frasco flexível 100 mililitros ao longo do tempo de aquecimento em um forno micro-ondas.



Legenda: linha alaranjada = pontos de intersecção dos intervalos da reta.

Linha verde = pontos de intersecção da temperatura de 40 °C com base nos dados

Realizou-se o cálculo para determinar o tempo de aquecimento necessário para que essa solução do soro, nessa embalagem, alcançasse a temperatura de 40 °C.

$$\text{Cálculo } k = \frac{T_f - T_i}{t_f - t_i}$$

$$k = \text{tg}\theta = \frac{53,7 - 31}{20 - 5}$$

$$k = 1,5$$

$$T(t) = k \cdot t + T_0$$

$$T(t) = 1,5 \cdot t + 25$$

$$\text{Para } T(t) = 40 \text{ °C}$$

$$40 = 1,5 \cdot t + 25$$

$$t = \frac{15}{1,5}$$

$$t = 10 \text{ s}$$

Legenda:

k = coeficiente de inclinação da reta

T<sub>f</sub> = temperatura final em graus Celsius

T<sub>i</sub> = temperatura em graus Celsius após aquecimento inicial

t<sub>f</sub> = tempo em segundos de aquecimento final

t<sub>i</sub> = tempo em segundos, de aquecimento inicial

tgθ = Inclinação da reta

Legenda:

T = Temperatura em graus Celsius

t = tempo em segundos

k = coeficiente de inclinação da reta

T<sub>0</sub> = temperatura do soro antes do aquecimento

Nos experimentos com os frascos de 250 mililitros, embalagem rígida (Tabela 5), a umidade variou entre 49% e 52%, a temperatura ambiente esteve em 24,6 °C, em média, e a temperatura inicial do soro apresentou-se em torno de 22,4 °C. Observou-se uma diferença nas leituras da temperatura nos terços da solução. O tempo levado para o soro atingir a temperatura de 40 °C estabeleceu-se em torno de 30 segundos de aquecimento.

Tabela 5 - Temperatura obtida em frasco de soro de 250 mililitros – embalagem rígida, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.

(continua)

AQUECIMENTO EM FORNO MICRO-ONDAS							
EMBALAGEM RÍGIDA DE 250 mililitros SEM AGITAÇÃO							
Volume da Solução	Umidade relativa do ar %	Temperatura °C ambiente	Temperatura °C inicial do soro	Temperatura em °C após 5 segundos de aquecimento			
				Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Média
250	51,0	24,2	22,4	24,2	24,4	24,5	
250	51,0	24,2	22,0	24,8	24,7	24,6	
250	51,0	24,2	22,9	23,9	24,1	24,2	
250	51,0	24,2	22,9	23,8	24,0	24,2	
250	51,0	24,2	22,4	23,9	24,1	24,1	
Média	51,0	24,2	22,5	24,1	24,3	24,3	24,2
DP	0	0	0,36	0,41	0,29	0,22	0,10

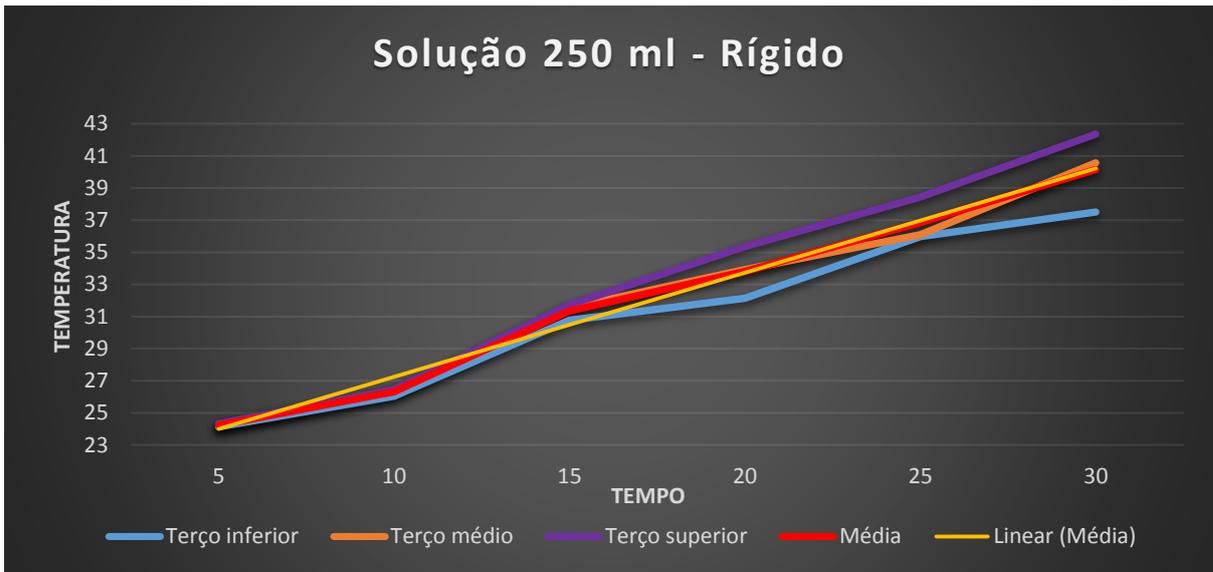
Tabela 5 - Temperatura obtida em frasco de soro de 250 mililitros – embalagem rígida, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.

(conclusão)

AQUECIMENTO EM FORNO MICRO-ONDAS							
EMBALAGEM RÍGIDA DE 250 mililitros SEM AGITAÇÃO							
Volume da Solução	Umidade relativa do ar %	Temperatura °C ambiente	Temperatura °C inicial do soro	Temperatura em °C após 10 segundos de aquecimento			
				Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Média
250	51,0	24,5	22,2	25,8	26,6	26,8	
250	51,0	24,5	22,0	26,8	26,9	26,9	
250	51,0	24,5	22,5	25,8	26,0	26,0	
250	51,0	24,5	22,3	25,9	25,9	26,0	
250	51,0	24,5	22,1	25,9	26,8	26,6	
Média	51,0	24,5	22,2	26,0	26,4	26,5	26,3
DP	0	0	0,17	0,38	0,41	0,39	0,24
Temperatura em °C após 15 segundos de aquecimento							
250	51,0	24,7	21,9	29,9	29,6	30,7	
250	51,0	24,7	21,9	32,5	32,3	32,3	
250	51,0	24,7	22,6	29,5	32,1	31,9	
250	51,0	24,7	22,7	29,0	31,5	32,4	
250	51,0	24,7	22,5	32,9	32,2	31,3	
Média	51,0	24,7	22,3	30,8	31,5	31,7	31,3
DP	0	0	0,93	1,80	1,13	0,72	0,51
Temperatura em °C após 20 segundos de aquecimento							
250	51,0	24,8	22,5	29,7	35,5	35,8	
250	51,0	24,8	22,5	33,1	33,7	36,0	
250	51,0	24,8	22,5	33,7	32,9	35,4	
250	52,0	24,8	22,9	32,3	32,6	34,0	
250	52,0	24,9	22,8	31,9	34,9	35,6	
Média	51,4	24,8	22,6	32,1	33,9	35,4	33,8
DP	0,55	0,04	0,19	1,53	1,25	0,79	1,61
Temperatura em °C após 25 segundos de aquecimento							
250	52,0	24,9	22,9	35,4	35,7	37,7	
250	49,0	24,9	22,0	35,1	36,6	38,8	
250	49,0	24,9	22,0	36,7	36,4	41,5	
250	49,0	24,9	22,2	36,6	35,7	37,2	
250	49,0	24,9	22,2	36,1	36,1	37,0	
Média	49,6	24,9	22,3	36,0	36,1	38,4	36,8
DP	1,34	0	0,13	0,71	0,41	1,85	1,39
Temperatura em °C após 30 segundos de aquecimento							
250	49,0	24,9	22,1	37,2	39,2	41,2	
250	49,0	24,9	23,5	35,9	39,5	42,4	
250	49,0	24,9	22,5	38,2	40,2	43,0	
250	49,0	24,9	22,6	38,2	41,3	42,5	
250	49,0	24,9	22,5	38,0	42,6	42,7	
Média	49,0	24,9	22,6	37,5	40,6	42,4	40,1
DP	0	0	0,46	0,98	1,40	0,69	2,46

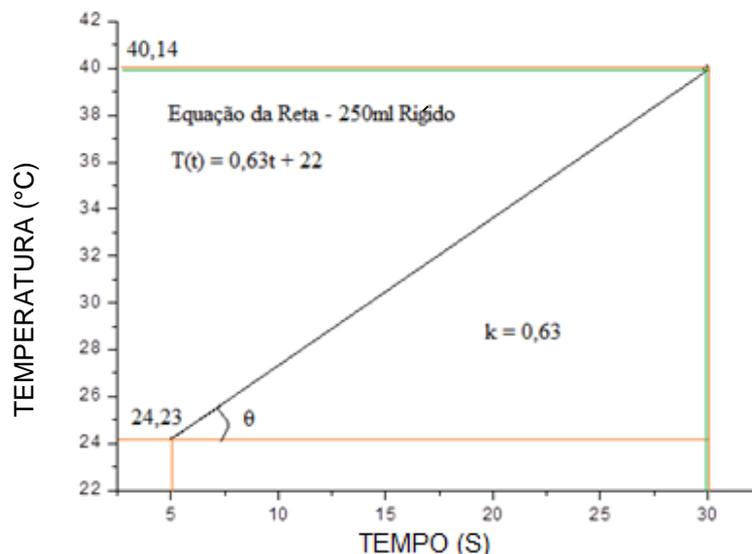
No gráfico 9 verifica-se que a diferença de temperatura nos terços da solução é pequena e que no terço inferior registou-se menor temperatura em relação aos terços médio e inferior.

Gráfico 9 - Média da temperatura obtida nos terços dos frascos de soro de 250 mililitros - embalagem rígida, e média geral da temperatura, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas



A evolução da temperatura média da solução foi ajustada à distribuição linear. Assim, aplicou-se a equação da reta para identificação da constante (gráfico 10).

Gráfico 10 - Variação da temperatura do soro no frasco rígido 250 mililitros ao longo do tempo de aquecimento em um forno micro-ondas.



Legenda: linha alaranjada = pontos de intersecção dos intervalos da reta  
Linha verde = pontos de intersecção da temperatura de 40 °C

Realizou-se o cálculo para determinar o tempo de aquecimento necessário para que essa solução, nessa embalagem, alcançasse a temperatura de serviço (40 °C).

$$\text{Cálculo } k = T_f - T_i / t_f - t_i$$

$$k = \text{tg}\theta = \frac{40,14 - 24,23}{30 - 5}$$

$$K = 0,63$$

Legenda:

k = coeficiente de inclinação da reta

T<sub>f</sub> = temperatura final em graus Celsius

T<sub>i</sub> = temperatura em graus Celsius após aquecimento inicial

t<sub>f</sub> = tempo em segundos de aquecimento final

t<sub>i</sub> = tempo em segundos, de aquecimento inicial

tgθ = Inclinação da reta

$$T(t) = k \cdot t + T_0$$

$$T(t) = 0,63 \cdot t + 22$$

$$\text{Para: } T(t) = 40 \text{ °C}$$

$$40 = 0,63 \cdot t + 22$$

$$t = \underline{18}$$

$$0,63$$

$$t = 28,6 \text{ s}$$

Legenda:

T = Temperatura em graus Celsius

t = tempo em segundos

k = coeficiente de inclinação da reta

T<sub>0</sub> = temperatura do soro antes do aquecimento

Nos experimentos com embalagem flexível de frascos de soro de 250 mililitros, a umidade relativa do ar esteve em 50 %, a temperatura ambiente 23,6 °C, em média, e a temperatura inicial do soro variou de 22,1 °C a 22,8 °C. O tempo em que o soro levou para atingir a temperatura de 40 °C foi 30 segundos de aquecimento (tabela 6).

Tabela 6 - Temperatura obtida em frasco de soro de 250 mililitros – embalagem flexível, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.

(continua)

AQUECIMENTO EM FORNO MICRO-ONDAS							
EMBALAGEM FLEXÍVEL DE 250 mililitros SEM AGITAÇÃO							
Volume da Solução	Umidade relativa do ar %	Temperatura °C ambiente	Temperatura °C inicial do soro	Temperatura em °C após 5 segundos de aquecimento			
				Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Média
250	50,0	23,5	22,1	25,3	25,0	25,1	
250	50,0	23,5	22,2	25,1	24,7	24,5	
250	50,0	23,5	22,2	25,2	24,8	24,5	
250	50,0	23,6	23,1	25,1	25,1	24,7	
250	50,0	23,6	22,2	25,2	24,9	24,8	
Média	50,0	23,5	22,4	25,2	24,9	24,7	24,9
DP	50	0,05	0,05	0,08	0,16	0,25	0,23
Temperatura em °C após 10 segundos de aquecimento							
250	50,0	23,7	22,0	26,0	28,3	26,7	
250	50,0	23,7	23,3	28,1	28,0	27,0	
250	50,0	23,7	22,8	27,2	26,5	26,5	
250	50,0	23,7	22,8	27,7	27,9	26,8	
250	50,0	23,7	22,8	28,0	27,8	27,6	
Média	50,0	23,7	22,7	27,4	27,7	26,9	27,3
DP	0	0	0,22	0,86	0,70	0,42	0,39

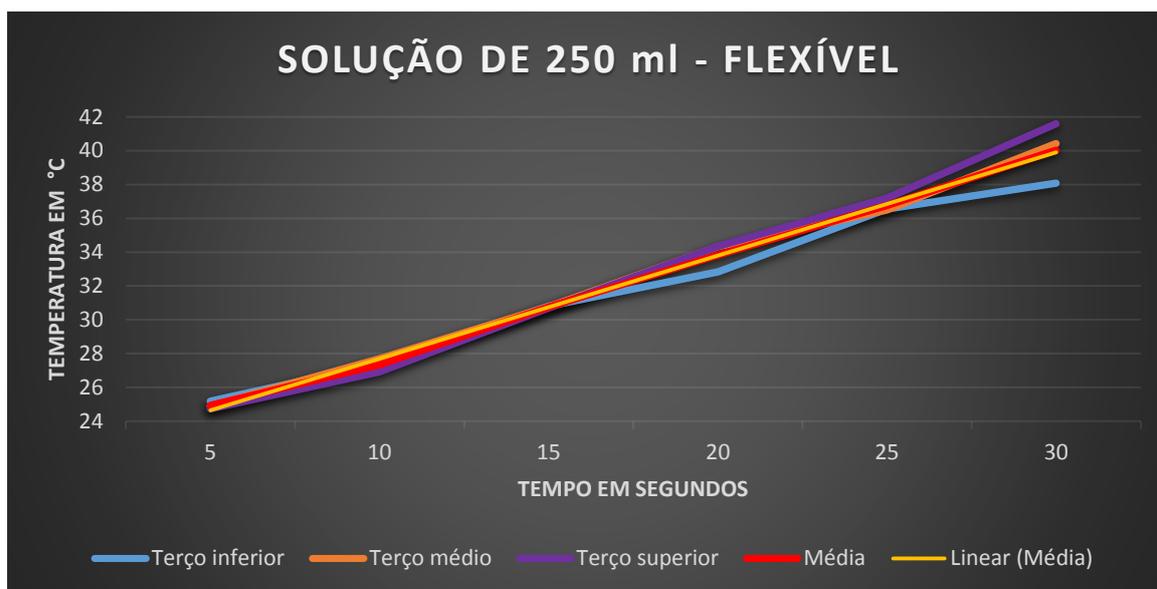
Tabela 6 - Temperatura obtida em frasco de soro de 250 mililitros – embalagem flexível, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.

(conclusão)

AQUECIMENTO EM FORNO MICRO-ONDAS							
EMBALAGEM FLEXÍVEL 250 mililitros SEM AGITAÇÃO							
Volume da Solução	Umidade relativa do ar %	Temperatura °C ambiente	Temperatura °C inicial do soro	Temperatura em °C após 15 segundos de aquecimento			
				Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Média
250	50,0	23,6	22,8	31,5	30,3	30,3	
250	50,0	23,6	22,0	30,1	30,8	30,3	
250	50,0	23,6	22,4	31,0	31,2	31,8	
250	50,0	23,6	23,5	31,2	31,4	31,0	
250	50,0	23,6	22,4	30,2	30,2	30,1	
Média	50,0	23,6	22,6	30,8	30,8	30,7	30,8
DP	0	0	0,30	0,62	0,53	0,70	0,05
Temperatura em °C após 20 segundos de aquecimento							
250	50,0	23,7	22,0	31,9	35,3	34,9	
250	50,0	23,7	22,3	32,6	35,2	34,6	
250	50,0	23,7	22,4	33,3	32,9	33,7	
250	50,0	23,7	23,1	33,5	33,7	33,9	
250	50,0	23,6	22,2	32,9	34,5	34,6	
Média	50,0	23,7	22,4	32,8	34,3	34,3	33,8
DP	0	0,04	0,16	0,63	1,02	0,51	0,86
Temperatura em °C após 25 segundos de aquecimento							
250	50,0	23,6	22,8	35,9	36,0	37,0	
250	50,0	23,6	22,0	36,6	35,5	37,2	
250	50,0	23,6	23,1	36,1	37,2	38,0	
250	50,0	23,6	22,9	37,0	36,9	37,0	
250	50,0	23,6	23,2	37,2	36,9	36,8	
Média	50,0	23,6	22,8	36,6	36,5	37,2	36,8
DP	0	0	0,16	0,56	0,72	0,47	0,39
Temperatura em °C após 30 segundos de aquecimento							
250	50,0	23,5	21,9	37,9	38,6	42,3	
250	50,0	23,5	23,0	37,0	40,4	41,1	
250	50,0	23,5	21,6	38,5	41,1	40,3	
250	50,0	23,5	22,3	38,1	40,9	41,9	
250	50,0	23,5	21,5	38,9	41,1	42,4	
Média	50,0	23,5	22,1	38,1	40,4	41,6	40,0
DP	0	0	0,61	0,72	1,06	0,89	1,79

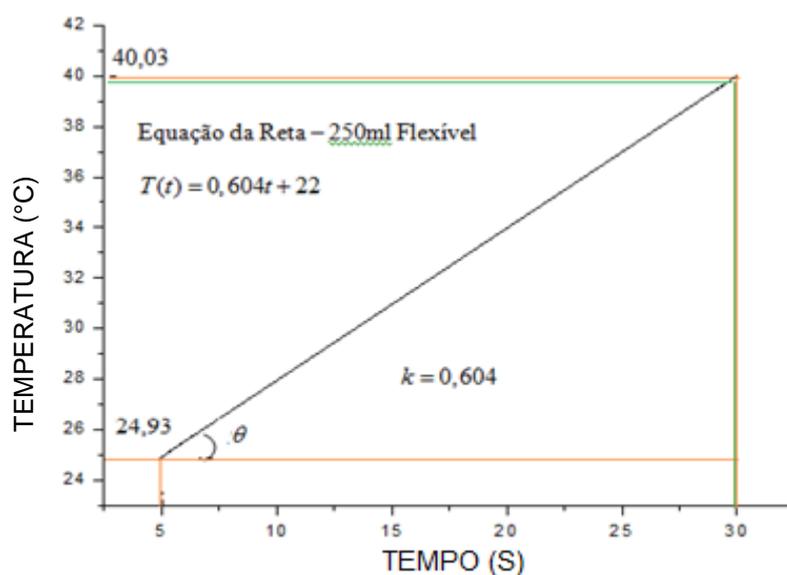
No gráfico 11 percebe-se que a diferença de temperatura nos terços da solução aumenta a partir dos 25 segundos de aquecimento.

Gráfico 11 - Média da temperatura obtida nos terços dos frascos de soro de 250 mililitros - embalagem flexível, e média geral da temperatura, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.



A evolução da temperatura média da solução foi ajustada a distribuição linear. Assim, aplicou-se a equação da reta para identificação da constante (gráfico 12).

Gráfico 12 - Variação da temperatura do soro no frasco flexível de 250 mililitros ao longo do tempo de aquecimento em um forno micro-ondas.



Legenda: linha alaranjada = pontos de intersecção dos intervalos da reta  
Linha verde = pontos de intersecção da temperatura de 40 °C

A partir disso, realizou-se o cálculo para determinar o tempo de aquecimento necessário a essa solução, nessa embalagem, para o alcance da temperatura de 40°C.

$$\text{Cálculo } k = T_f - T_i / t_f - t_i$$

$$k = \text{tg}\theta = \frac{40,03 - 24,93}{30 - 5}$$

$$k = 0,604$$

Legenda:

k = coeficiente de inclinação da reta

T<sub>f</sub> = temperatura final em graus Celsius

T<sub>i</sub> = temperatura em graus Celsius após aquecimento inicial

t<sub>f</sub> = tempo em segundos de aquecimento final

t<sub>i</sub> = tempo em segundos, de aquecimento inicial

tgθ = Inclinação da reta

$$T(t) = k \cdot t + T_0$$

$$T(t) = 0,604 \cdot t + 22$$

$$\text{Para: } T(t) = 40^\circ\text{C}$$

$$40 = 0,604 \cdot t + 22$$

$$t = \frac{18}{0,604}$$

$$t = 29,80 \text{ s}$$

Legenda:

T = Temperatura em graus Celsius

t = tempo em segundos

k = coeficiente de inclinação da reta

T<sub>0</sub> = temperatura do soro antes do aquecimento

Durante os experimentos com os frascos de 500 mililitros, embalagem rígida (Tabela 7), a umidade do ar variou entre 46% e 48% e a temperatura ambiente entre 23 °C a 23,7 °C. A temperatura inicial do soro esteve em 22,5 °C. O tempo levado para atingir a temperatura de 40 °C ficou entre 55 e 60 segundos de aquecimento.

Tabela 7 - Temperatura obtida em frasco de soro de 500 mililitros – embalagem rígida, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.

(continua)

AQUECIMENTO EM FORNO MICRO-ONDAS							
EMBALAGEM RÍGIDA 500 mililitros SEM AGITAÇÃO							
Volume da Solução	Umidade relativa do ar %	Temperatura °C ambiente	Temperatura °C inicial do soro	Temperatura em °C após 5 segundos de aquecimento			
				Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Média
500	48,0	23,7	22,0	23,7	23,7	23,7	
500	48,0	23,1	22,0	23,9	23,9	23,9	
500	48,0	22,5	22,0	23,7	23,7	23,7	
500	48,0	22,6	22,0	23,9	23,9	23,9	
500	48,0	22,5	22,2	24,0	23,9	24,0	
Média	48,0	22,9	22,0	23,8	23,8	23,8	23,8
DP	0	0,52	0	0,13	0,11	0,13	0,01
Temperatura em °C após 10 segundos de aquecimento							
500	48,0	23,3	22,6	26,1	25,7	25,7	
500	48,0	23,3	22,9	26,0	26,0	26,0	
500	48,0	23,3	22,6	26,2	26,0	26,1	
500	48,0	23,3	22,1	26,1	25,8	25,7	
500	48,0	23,3	22,1	26,0	25,7	25,7	
Média	48,0	23,3	22,5	26,1	25,8	25,8	25,9
DP	0	0	0,35	0,08	0,15	0,19	0,14

Tabela 7 - Temperatura obtida em frasco de soro de 500 mililitros – embalagem rígida, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.

(continuação)

AQUECIMENTO EM FORNO MICRO-ONDAS							
EMBALAGEM RÍGIDO 500 mililitros SEM AGITAÇÃO							
Volume da Solução	Umidade relativa do ar %	Temperatura °C ambiente	Temperatura °C inicial do soro	Temperatura em °C após 15 segundos de aquecimento			
				Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Média
500	48,0	23,1	22,3	26,4	26,4	26,4	
500	48,0	23,1	22,3	26,2	26,3	26,3	
500	48,0	23,1	22,7	26,0	26,0	26,0	
500	48,0	23,1	22,7	26,1	26,3	26,3	
500	48,0	23,1	22,7	26,5	26,6	26,4	
Média	48,0	23,1	22,5	26,2	26,3	26,3	26,3
DP	0	0	0,22	0,21	0,22	0,16	0,04
Temperatura em °C após 20 segundos de aquecimento							
500	48,0	23,3	22,5	29,2	29,0	29,0	
500	48,0	23,3	22,6	28,2	27,8	28,9	
500	48,0	23,3	22,1	28,0	27,7	28,0	
500	48,0	23,3	22,2	28,1	27,8	28,9	
500	48,0	23,3	22,2	28,2	27,6	28,0	
Média	48,0	23,3	22,3	28,3	28,0	28,6	28,3
DP	0	0	0,19	0,44	0,52	0,46	0,29
Temperatura em °C após 25 segundos de aquecimento							
500	48,0	23,1	22,7	31,0	29,6	30,1	
500	48,0	23,1	22,4	29,9	29,7	30,8	
500	48,0	23,1	22,6	31,0	29,3	30,0	
500	48,0	23,1	22,6	30,0	29,7	30,0	
500	48,0	23,1	22,1	31,1	31,0	30,3	
Média	48,0	23,1	22,5	30,6	29,9	30,2	30,2
DP	0	0	0,24	0,60	0,66	0,34	0,37
Temperatura em °C após 30 segundos de aquecimento							
500	48,0	23,3	22,9	32,7	32,5	33,9	
500	48,0	23,3	22,8	34,6	32,3	34,2	
500	48,0	23,3	22,5	32,0	32,4	33,0	
500	48,0	23,3	22,3	32,4	32,0	33,0	
500	48,0	23,3	22,1	34,7	32,3	34,0	
Média	48,0	23,3	22,5	33,3	32,3	33,6	33,1
DP	0	0	0,33	1,28	0,19	0,58	0,69
Temperatura em °C após 35 segundos de aquecimento							
500	48,0	23,1	22,8	35,5	34,3	33,3	
500	48,0	23,1	22,9	34,0	33,5	33,4	
500	48,0	23,1	22,4	35,0	34,6	33,1	
500	48,0	23,1	22,4	34,8	33,0	33,5	
500	48,0	23,1	22,3	33,9	33,3	33,5	
Média	48,0	23,1	22,6	34,6	33,7	33,4	33,9
DP	0	0	0,27	0,68	0,68	0,17	0,66

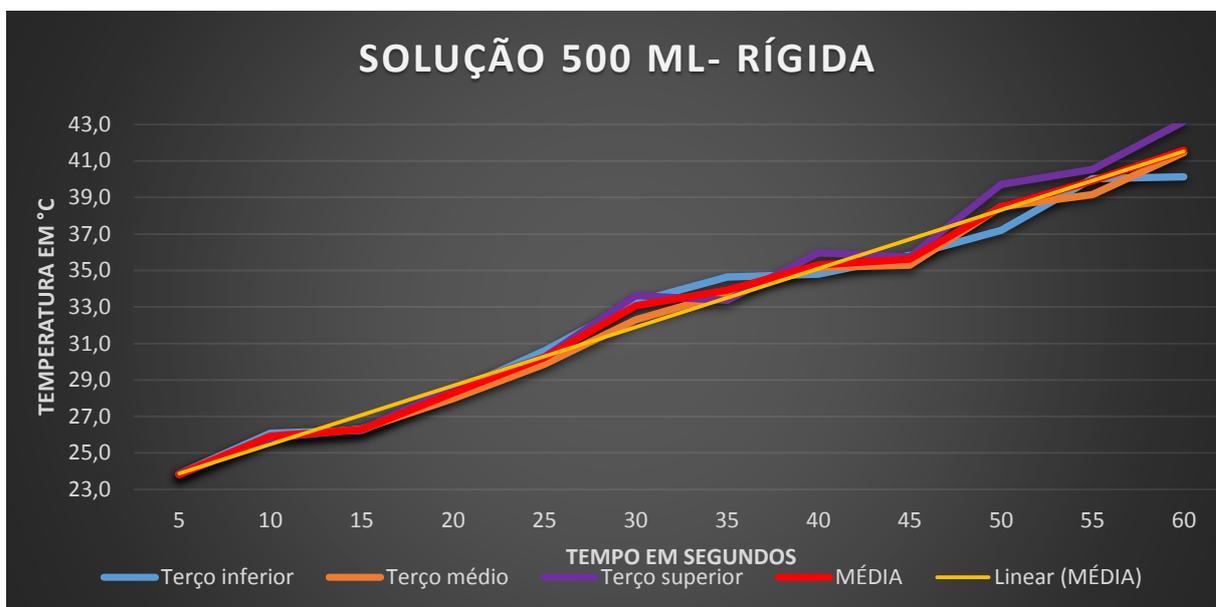
Tabela 7 - Temperatura obtida em frasco de soro de 500 mililitros – embalagem rígida, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.

(conclusão)

AQUECIMENTO EM FORNO MICRO-ONDAS							
EMBALAGEM RÍGIDO 500 mililitros SEM AGITAÇÃO							
Volume da Solução	Umidade relativa do ar %	Temperatura °C ambiente	Temperatura °C inicial do soro	Temperatura em °C após 40 segundos de aquecimento			
				Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Média
500	48,0	23,1	22,9	35,2	35,6	35,7	
500	48,0	23,1	23,0	34,5	34,7	36,6	
500	48,0	23,1	23,1	35,2	35,2	35,6	
500	48,0	23,1	23,3	35,0	35,7	35,8	
500	48,0	23,1	22,1	34,1	34,6	36,1	
Média	48,0	23,1	22,9	34,8	35,2	36,0	35,3
DP	0	0	0,46	0,48	0,50	0,40	0,59
Temperatura em °C após 45 segundos de aquecimento							
500	46,0	22,7	21,4	36,4	36,1	36,0	
500	46,0	22,7	21,5	36,0	35,4	35,4	
500	46,0	22,7	21,4	35,4	33,3	35,4	
500	46,0	22,7	21,3	36,1	35,8	36,0	
500	46,0	22,7	21,5	35,2	35,8	35,9	
Média	46,0	22,7	21,4	35,8	35,3	35,7	35,6
DP	0	0	0,08	0,50	1,13	0,31	0,29
Temperatura em °C após 50 segundos de aquecimento							
500	45,0	22,8	21,1	37,0	37,0	38,7	
500	45,0	22,8	21,6	37,1	39,5	40,0	
500	45,0	22,8	21,5	36,8	39,6	39,7	
500	45,0	22,8	21,5	37,3	38,0	40,2	
500	45,0	22,8	21,5	37,8	38,3	40,0	
Média	45,0	22,8	21,4	37,2	38,5	39,7	38,5
DP	0	0	0,17	0,34	0,97	0,53	1,26
Temperatura em °C após 55 segundos de aquecimento							
500	45,0	22,3	21,2	40,1	39,4	39,9	
500	45,0	22,3	21,2	40,5	40,2	40,5	
500	45,0	22,3	21,2	39,5	38,8	40,4	
500	45,0	22,4	21,3	40,2	38,4	40,7	
500	45,0	22,4	21,3	39,8	39,0	41,2	
Média	45,0	22,3	21,2	40,0	39,2	40,5	39,9
DP	0	0,05	0,05	0,38	0,68	0,47	0,70
Temperatura em °C após 60 segundos de aquecimento							
500	45,0	23,1	21,1	41,2	42,8	42,9	
500	45,0	23,1	21,1	38,9	39,8	44,4	
500	45,0	23,1	22,3	39,1	40,8	43,1	
500	45,0	23,1	21,1	41,1	42,3	42,6	
500	45,0	22,8	22,4	40,4	41,6	42,8	
Média	45,0	23,0	21,6	40,1	41,5	43,2	41,6
DP	0	0,13	0,69	1,09	1,19	0,72	1,51

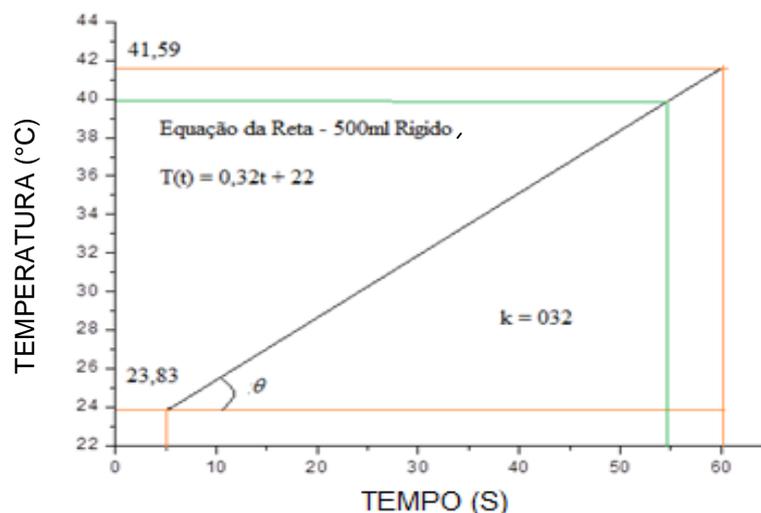
No gráfico 13 pode ser observada a elevação de temperatura nos terços da solução, ao longo de 60 segundos.

Gráfico 13 - Média da temperatura obtida nos terços dos frascos de soro de 500 mililitros - embalagem rígida, e média geral da temperatura, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas



O comportamento da variação da temperatura média da solução ajusta-se a uma distribuição linear. Assim aplicou-se a equação da reta para identificação da constante (gráfico 14).

Gráfico 14 - Variação da temperatura do soro no frasco rígido 500 mililitros ao longo do tempo de aquecimento em um forno micro-ondas.



Legenda: linha alaranjada = pontos de intersecção dos intervalos da reta  
Linha verde = pontos de intersecção da temperatura de 40 °C

A partir disso, realizou-se o cálculo para determinar o tempo de aquecimento necessário essa solução, nessa embalagem para alcançar a temperatura de 40 °C.

$$\text{Cálculo } k = \frac{T_f - T_i}{t_f - t_i}$$

$$k = \text{tg}\theta = \frac{41,59 - 23,83}{60 - 5}$$

$$K = 0,323$$

Legenda:

k = coeficiente de inclinação da reta

T<sub>f</sub> = temperatura final em graus Celsius

T<sub>i</sub> = temperatura em graus Celsius após aquecimento inicial

t<sub>f</sub> = tempo em segundos de aquecimento final

t<sub>i</sub> = tempo em segundos, de aquecimento inicial

tgθ = Inclinação da reta

$$T(t) = k \cdot t + T_0$$

$$T(t) = 0,323 \cdot t + 22$$

$$\text{Para: } T(t) = 40^\circ\text{C}$$

$$40 = 0,323 \cdot t + 22$$

$$t = \frac{18}{0,323}$$

$$t = 55,7 \text{ s}$$

Legenda:

T = Temperatura em graus Celsius

t = tempo em segundos

k = coeficiente de inclinação da reta

T<sub>0</sub> = temperatura do soro antes do aquecimento

Nos experimentos com embalagem flexível de frascos de soro de 500 ml, a umidade relativa do ar variou de 48% a 49%, a temperatura ambiente esteve em 23,1 °C, em média, e a temperatura inicial do soro mostrou-se em torno de 20,6 °C. O tempo levado para atingir a temperatura de 40 °C foi de 55 segundos de aquecimento (tabela 8).

Tabela 8 - Temperatura obtida em frasco de soro de 500 mililitros – embalagem flexível, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.

(continua)

AQUECIMENTO EM FORNO MICRO-ONDAS							
EMBALAGEM FLEXÍVEL 500 mililitros SEM AGITAÇÃO							
Volume da Solução	Umidade relativa do ar %	Temperatura °C ambiente	Temperatura °C inicial do soro	Temperatura em °C após 5 segundos de aquecimento			
				Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Média
500	48,0	23,0	23,0	24,4	24,2	24,2	
500	48,0	23,0	23,2	24,0	24,0	24,0	
500	48,0	23,1	22,9	23,9	23,8	24,0	
500	48,0	23,1	23,0	24,0	24,0	24,0	
500	48,0	23,1	23,1	23,5	24,0	23,4	
Média	48,0	23,1	23,0	24,0	24,0	23,9	24,0
DP	0	0,05	0,11	0,32	0,14	0,30	0,04
Temperatura em °C após 10 segundos de aquecimento							
500	48,0	22,9	23,0	25,4	25,5	25,6	
500	48,0	23,0	22,8	25,7	25,7	25,7	
500	48,0	22,4	22,8	25,0	25,0	25,0	
500	48,0	22,4	22,8	24,6	24,8	24,7	
500	48,0	22,2	22,9	24,9	24,9	24,9	
Média	48,0	22,6	22,9	25,1	25,2	25,2	25,2
DP	0	0,35	0,09	0,43	0,40	0,44	0,03

Tabela 8 - Temperatura obtida em frasco de soro de 500 mililitros – embalagem flexível, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.

(continuação)

AQUECIMENTO EM FORNO MICRO-ONDAS							
EMBALAGEM FLEXÍVEL 500 mililitros SEM AGITAÇÃO							
Volume da Solução	Umidade relativa do ar %	Temperatura °C ambiente	Temperatura °C inicial do soro	Temperatura em °C após 15 segundos de aquecimento			
				Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Média
500	48,0	23,0	22,9	26,5	26,7	27,0	
500	48,0	22,7	23,0	26,6	26,6	27,3	
500	48,0	23,1	23,3	26,1	26,5	26,5	
500	48,0	23,1	22,1	26,5	26,4	27,0	
00	48,0	22,9	22,0	26,0	26,6	27,3	
Média	48,0	23,0	22,7	26,3	26,6	27,0	26,6
DP	0	0,17	0,58	0,27	0,11	0,33	0,35
Temperatura em °C após 20 segundos de aquecimento							
500	48,0	22,8	21,6	28,3	28,2	28,4	
500	48,0	22,3	21,6	27,7	29,4	29,0	
500	48,0	22,3	21,7	28,1	28,2	28,6	
500	48,0	22,3	21,5	27,6	27,6	28,5	
500	48,0	22,3	21,4	27,4	28,7	28,6	
Média	48,0	22,3	21,6	27,8	28,4	28,6	28,3
DP	0	0,22	0,11	0,37	0,67	0,23	0,42
Temperatura em °C após 25 segundos de aquecimento							
500	48,0	23,0	22,9	30,7	30,0	32,7	
500	48,0	23,1	23,0	30,0	30,1	30,0	
500	48,0	23,1	23,4	31,2	30,0	30,2	
500	48,0	23,1	23,4	30,9	31,0	31,6	
500	48,0	23,1	23,4	30,4	30,2	30,0	
Média	48,0	23,1	23,2	30,6	30,3	30,9	30,6
DP	0	0,04	0,25	0,46	0,42	1,21	0,32
Temperatura em °C após 30 segundos de aquecimento							
500	48,0	23,5	22,6	32,2	33,5	33,9	
500	48,0	23,4	22,7	30,7	32,5	33,0	
500	48,0	23,1	23,3	32,0	33,4	33,9	
500	48,0	23,1	22,1	31,0	32,6	33,0	
500	48,0	23,0	23,1	30,3	32,9	32,0	
Média	48,0	23,2	22,8	31,2	33,0	33,2	32,5
DP	0	0,22	0,47	0,83	0,45	0,79	1,06
Temperatura em °C após 35 segundos de aquecimento							
500	48,0	23,2	22,9	34,1	33,8	34,1	
500	48,0	23,2	22,9	34,0	33,5	34,4	
500	48,0	23,2	22,2	33,9	33,7	34,0	
500	48,0	23,2	22,2	34,0	33,7	34,0	
500	48,0	23,2	22,2	33,8	33,0	34,2	
Média	48,0	23,2	22,5	34,0	33,5	34,1	33,9
DP	0	0	0,38	0,11	0,32	0,17	0,31

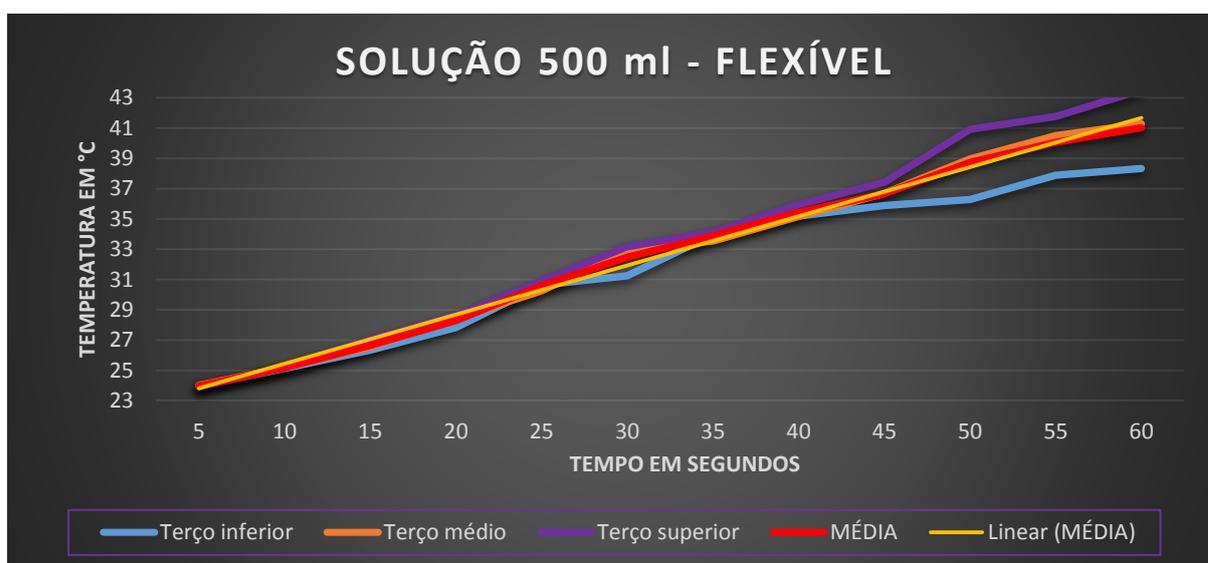
Tabela 8 - Temperatura obtida em frasco de soro de 500 mililitros – embalagem flexível, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.

(conclusão)

AQUECIMENTO EM FORNO MICRO-ONDAS							
EMBALAGEM FLEXÍVEL 500 mililitros SEM AGITAÇÃO							
Volume da Solução	Umidade relativa do ar %	Temperatura °C ambiente	Temperatura °C inicial do soro	Temperatura em °C após 40 segundos de aquecimento			
				Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Média
500	48,0	23,4	23,2	35,8	35,8	35,5	
500	48,0	23,4	22,8	34,6	34,7	37,8	
500	48,0	23,4	22,8	35,5	35,5	35,0	
500	48,0	23,4	22,8	34,7	34,9	36,3	
500	48,0	23,4	22,8	35,4	35,0	35,2	
Média	48,0	23,4	22,9	35,2	35,2	36,0	35,4
DP	0	0	0,18	0,52	0,45	1,14	0,44
Temperatura em °C após 45 segundos de aquecimento							
500	48,0	23,2	22,8	35,9	36,0	37,0	
500	48,0	23,2	23,2	38,7	37,4	37,4	
500	48,0	23,2	23,0	34,2	35,8	38,2	
500	48,0	23,4	22,8	37,0	37,4	38,2	
500	48,0	23,4	22,9	37,3	36,8	36,3	
Média	48,0	23,3	22,9	36,6	36,7	37,4	36,9
DP	0	0,11	0,17	1,31	0,76	0,81	0,77
Temperatura em °C após 50 segundos de aquecimento							
500	48,0	23,5	21,3	36,6	38,8	41,2	
500	48,0	23,5	21,4	35,9	40,2	40,4	
500	48,0	23,5	21,4	35,6	38,4	40,9	
500	48,0	23,5	21,2	36,5	38,7	42,0	
500	48,0	23,5	21,2	35,3	38,7	40,2	
Média	48,0	23,5	21,3	36,0	39,0	40,9	38,6
DP	0	0	0,1	1,08	0,71	0,71	2,34
Temperatura em °C após 55 segundos de aquecimento							
500	48,0	23,5	21,3	37,7	41,1	42,2	
500	49,0	23,5	21,5	37,6	39,5	42,0	
500	49,0	23,6	21,6	39,4	40,1	41,7	
500	49,0	23,6	21,6	37,8	41,0	43,0	
500	49,0	23,6	21,9	37,0	40,8	40,0	
Média	49,0	23,6	21,6	37,9	40,5	41,8	40,1
DP	0,45	0,05	0,22	0,89	0,68	1,11	1,98
Temperatura em °C após 60 segundos de aquecimento							
500	49,0	23,5	22,4	38,8	41,5	44,0	
500	49,0	23,5	22,5	37,8	40,2	43,1	
500	49,0	23,6	22,3	38,5	42,1	43,3	
500	49,0	23,6	22,0	38,5	42,0	43,7	
500	49,0	23,6	22,7	38,1	40,6	43,5	
Média	49,0	23,6	22,4	38,3	41,3	43,5	41,0
DP	0	0,05	0,26	0,39	0,85	0,35	2,60

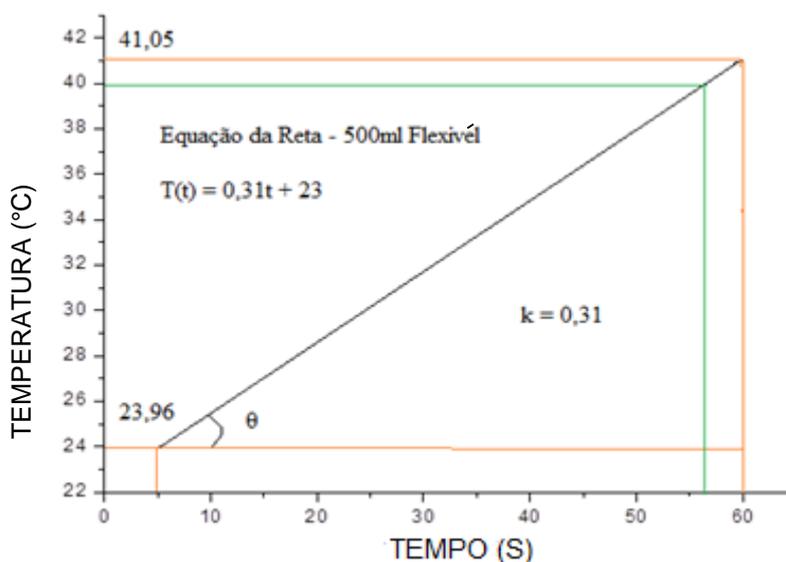
No gráfico 15 observa-se que existiu diferença de temperatura nos terços da solução, com tendência a aumentar a partir dos 40 segundos de aquecimento.

Gráfico 15 - Média da temperatura obtida nos terços dos frascos de soro de 500 mililitros - embalagem flexível, e média geral da temperatura, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.



A variação da temperatura média da solução foi ajustada a distribuição linear. Assim, aplicou-se a equação da reta para identificação da constante (gráfico 16).

Gráfico 16 - Variação da temperatura do soro no frasco flexível de 500 mililitros ao longo do tempo de aquecimento em um forno micro-ondas.



Legenda: linha alaranjada = pontos de intersecção dos intervalos da reta  
Linha verde = pontos de intersecção da temperatura de 40 °C

A partir disso, realizou-se o cálculo para determinar o tempo de aquecimento necessário a essa solução, nesse tipo de embalagem, para alcançar a temperatura de 40 °C.

$$\text{Cálculo } k = \frac{T_f - T_i}{t_f - t_i}$$

$$k = \text{tg}\theta = \frac{41,05 - 23,96}{60 - 5}$$

$$K = 0,311$$

Legenda:

k = coeficiente de inclinação da reta

T<sub>f</sub> = temperatura final em graus Celsius

T<sub>i</sub> = temperatura em graus Celsius após aquecimento inicial

t<sub>f</sub> = tempo em segundos de aquecimento final

t<sub>i</sub> = tempo em segundos, de aquecimento inicial

tgθ = Inclinação da reta

$$T(t) = k \cdot t + T_0$$

$$T(t) = 0,311 \cdot t + 23$$

$$\text{Para: } T(t) = 40^\circ\text{C}$$

$$40 = 0,311 \cdot t + 23$$

$$t = \frac{17}{0,311}$$

$$t = 54,6 \text{ s}$$

Legenda:

T = Temperatura em graus Celsius

t = tempo em segundos

k = coeficiente de inclinação da reta

T<sub>0</sub> = temperatura do soro antes do aquecimento

Durante os experimentos com os frascos de 1000 mililitros, embalagem rígida (Tabela 9), a umidade variou de 48% a 58%, a temperatura ambiente ficou entre 22,1 °C e 24,1 °C e a temperatura inicial do soro esteve entre 22,1 °C e 24,6 °C. Observou-se uma diferença nas leituras da temperatura nos terços da solução. O tempo gasto para atingir a temperatura de 40 °C foi de 95 segundos de aquecimento.

Tabela 9 - Temperatura obtida em frasco de soro de 1000 mililitros – embalagem rígida, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-onda.

(continua)

AQUECIMENTO EM FORNO MICRO-ONDAS							
EMBALAGEM RÍGIDO 1000 mililitros SEM AGITAÇÃO							
Volume da Solução	Umidade relativa do ar %	Temperatura °C ambiente	Temperatura °C inicial do soro	Temperatura em °C após 5 segundos de aquecimento			
				Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Média
1000	48	23,8	23,1	24,3	23,1	23,6	
1000	48	23,8	23,1	25,6	24,5	23,8	
1000	48	23,8	23,2	24	24,1	23,9	
1000	48	23,8	23,2	23,8	23,4	22,7	
1000	48	23,8	22,6	23,9	23,6	23,6	
Média	48	23,8	23,04	24,32	23,74	23,52	23,86
DP	0	0	0,25	0,74	0,56	0,48	0,41
Temperatura em °C após 10 segundos de aquecimento							
1000	48	23,7	23,1	24,5	24,4	24,3	
1000	48	23,7	22,4	26,1	24,9	24,3	
1000	48	23,7	21,8	24	23,7	23,6	
1000	48	23,7	22,8	26,2	25	24,7	
1000	48	23,7	22,9	23,9	23,9	24	
Média	48	23,7	22,6	24,94	24,38	24,18	24,5
DP	0	0	0,51	1,13	0,58	0,41	0,39

Tabela 9 - Temperatura obtida em frasco de soro de 1000 mililitros – embalagem rígida, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-onda.

(continuação)

AQUECIMENTO EM FORNO MICRO-ONDAS							
EMBALAGEM RÍGIDA DE 1000 mililitros SEM AGITAÇÃO							
Volume da Solução	Umidade relativa do ar %	Temperatura °C ambiente	Temperatura °C inicial do soro	Temperatura em °C após 15 segundos de aquecimento			
				Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Média
1000	48	23,6	23,3	25,8	25,8	25,8	
1000	48	23,6	22,4	25,4	25,2	25,2	
1000	48	23,6	23,7	26	26	25,8	
1000	48	23,6	22,1	25,3	25,5	25,5	
1000	48	23,6	23,3	25,2	25,8	25,9	
Média	48	23,6	22,96	25,54	25,66	25,64	25,61
DP	0	0	0,68	0,34	0,31	0,29	0,06
Temperatura em °C após 20 segundos de aquecimento							
1000	48	23,8	23,5	27	26,6	26,6	
1000	48	23,8	23,3	26,9	26,9	26,5	
1000	48	23,8	23,6	26,8	26,7	26,3	
1000	48	23,8	23	27	26,8	26,7	
1000	48	23,8	23,1	26,8	26,9	26,5	
Média	48	23,8	23,3	26,9	26,78	26,52	26,73
DP	0	0	0,25	0,1	0,13	0,15	0,19
Temperatura em °C após 25 segundos de aquecimento							
1000	48	23,7	23,9	28,1	28,4	28,2	
1000	48	23,7	23,6	27	26,4	26,5	
1000	48	23,7	23,8	27,4	28,3	27,6	
1000	48	23,7	23,4	28,1	26,5	26,4	
1000	48	23,7	23,5	28,2	28,6	28,1	
Média	48	23,7	23,64	27,76	27,64	27,36	27,59
DP	0	0	0,21	0,53	1,09	0,86	0,21
Temperatura em °C após 30 segundos de aquecimento							
1000	49,0	23,5	22,8	28,2	27,9	28,0	
1000	49,0	23,5	23,8	28,5	27,4	28,6	
1000	49,0	23,5	22,4	27,7	28,1	28,3	
1000	49,0	23,5	22,7	28,1	28,9	28,5	
1000	49,0	23,5	23,1	28,0	27,3	27,7	
Média	49,0	23,5	23,0	28,1	27,9	28,2	28,1
DP	0	0	0,53	0,29	0,64	0,37	0,15
Temperatura em °C após 35 segundos de aquecimento							
1000	49,0	23,5	22,4	29,1	28,1	30,0	
1000	49,0	23,5	22,6	28,8	27,4	28,9	
1000	49,0	23,5	22,5	28,6	28,6	28,5	
1000	49,0	23,5	22,5	28,0	27,8	27,7	
1000	49,0	23,5	22,3	29,0	27,4	28,7	
Média	49,0	23,5	22,5	28,7	27,9	28,8	28,4
DP	0	0	0,11	0,44	0,51	0,83	0,50

Tabela 9 - Temperatura obtida em frasco de soro de 1000 mililitros – embalagem rígida, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-onda.

(continuação)

AQUECIMENTO EM FORNO MICRO-ONDAS							
EMBALAGEM RÍGIDA DE 1000 mililitros SEM AGITAÇÃO							
Volume da Solução	Umidade relativa do ar %	Temperatura °C ambiente.	Temperatura °C inicial do soro	Temperatura em °C após 40 segundos de aquecimento			
				Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Média
1000	49,0	22,4	20,6	29,1	28,9	28,9	
1000	49,0	22,4	20,9	28,4	28,6	28,6	
1000	49,0	22,4	20,9	29,0	28,4	28,1	
1000	49,0	22,4	20,9	29,0	28,8	28,4	
1000	49,0	22,4	21,0	28,6	28,7	29,9	
Média		22,4	20,9	28,8	28,7	28,8	28,8
DP	0	0	0,15	0,30	0,19	0,69	0,07
Temperatura em °C após 45 segundos de aquecimento							
1000	48,0	22,8	21,0	29,3	28,6	29,4	
1000	48,0	22,8	21,1	29,4	28,3	29,6	
1000	48,0	23,6	20,9	29,9	28,9	28,8	
1000	48,0	23,4	20,9	29,8	30,0	31,0	
1000	48,0	23,6	21,0	29,2	28,3	28,7	
Média		23,2	21,0	29,5	28,8	29,5	29,3
DP	0	0,41	0,08	0,31	0,70	0,92	0,40
Temperatura em °C após 50 segundos de aquecimento							
1000	47,0	22,5	21,0	29,2	30,0	30,8	
1000	47,0	22,5	20,5	29,2	29,5	30,4	
1000	47,0	22,5	21,1	30,1	30,1	30,8	
1000	47,0	22,5	21,1	29,9	29,9	30,5	
1000	48,0	22,5	20,5	29,3	30,0	30,3	
Média		22,5	20,8	29,5	29,9	30,6	30,0
DP	0,45	0	0,31	0,43	0,23	0,23	0,52
Temperatura em °C após 55 segundos de aquecimento							
1000	46,0	22,4	21,7	32,1	31,2	31,1	
1000	46,0	22,4	21,9	33,3	32,1	32,0	
1000	46,0	22,4	21,9	33,0	30,1	32,1	
1000	46,0	22,4	21,6	32,4	31,1	32,2	
1000	46,0	22,4	21,9	33,1	30,8	32,0	
Média	46,0	22,4	21,8	32,8	31,1	31,9	31,9
DP	0	0	0,14	0,51	0,72	0,44	0,86
Temperatura em °C após 60 segundos de aquecimento							
1000	48,0	22,1	21,8	34,0	34,1	33,8	
1000	48,0	22,1	21,6	34,7	33,1	34,1	
1000	48,0	22,1	21,8	34,7	33,8	32,9	
1000	48,0	22,1	21,5	34,2	33,2	33,7	
1000	48,0	22,1	22,0	34,6	33,5	32,8	
Média	48,0	22,1	21,7	34,4	33,5	33,5	33,8
DP	0	0	0,19	0,32	0,42	0,58	0,54

Tabela 9 - Temperatura obtida em frasco de soro de 1000 mililitros – embalagem rígida, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-onda. (continuação)

AQUECIMENTO EM FORNO MICRO-ONDAS							
EMBALAGEM RÍGIDA DE 1000 mililitros SEM AGITAÇÃO							
Volume da Solução	Umidade relativa do ar %	Temperatura °C ambiente.	Temperatura °C inicial do soro	Temperatura em °C após 65 segundos de aquecimento			
				Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Média
1000	48,0	22,1	21,4	34,9	32,8	34,4	
1000	48,0	22,1	22,0	35,6	34,2	33,9	
1000	48,0	22,2	21,6	35,3	34,0	34,7	
1000	48,0	22,2	21,3	35,5	34,1	34,7	
1000	48,0	22,2	22,1	35,6	34,0	34,2	
Média	48,0	22,2	21,7	35,4	33,8	34,4	34,5
DP	0	0,05	0,36	0,29	0,58	0,34	0,79
Temperatura em °C após 70 segundos de aquecimento							
1000	48,0	24,1	21,2	36,2	35,9	34,5	
1000	48,0	24,1	21,6	36,1	36,0	36,2	
1000	48,0	24,1	21,5	36,2	32,6	35,1	
1000	48,0	24,1	21,1	36,0	36,1	34,1	
1000	48,0	24,1	22,3	36,1	36,0	36,8	
Média	48,0	24,1	21,5	36,1	35,3	35,3	35,6
DP	0	0	0,47	0,08	1,52	1,14	0,46
Temperatura em °C após 75 segundos de aquecimento							
1000	48,0	24,0	24,0	37,5	38,0	39,0	
1000	48,0	24,0	24,4	38,4	38,0	39,0	
1000	48,0	24,0	23,4	39,2	37,5	38,7	
1000	48,0	24,1	24,6	38,5	37,6	39,1	
1000	48,0	24,1	24,6	38,7	37,0	39,0	
Média	48,0	24,0	24,2	38,5	37,6	39,0	38,3
DP	0	0,05	0,51	0,62	0,41	0,15	0,68
Temperatura em °C após 80 segundos de aquecimento							
1000	50,0	22,8	23,9	38,5	38,0	40,0	
1000	50,0	22,8	24,2	38,8	37,7	40,4	
1000	50,0	22,9	24,1	38,8	36,6	40,0	
1000	50,0	22,9	24,4	38,1	38,9	41,0	
1000	50,0	22,9	24,2	38,6	38,9	40,2	
Média	50,0	22,9	24,2	38,6	38,0	40,3	39,0
DP	0	0,05	0,18	0,29	0,96	0,41	1,20
Temperatura em °C após 85 segundos de aquecimento							
1000	50,0	22,9	23,6	40,7	38,5	40,0	
1000	50,0	23,0	23,7	37,3	38,4	41,0	
1000	50,0	23,0	24,2	40,6	38,0	41,0	
1000	50,0	23,0	23,5	37,6	38,5	41,4	
1000	50,0	23,0	24,1	37,0	37,9	41,1	
Média	50,0	23,0	23,8	38,6	38,3	40,9	39,3
DP	0	0,04	0,31	1,85	0,29	0,53	1,43

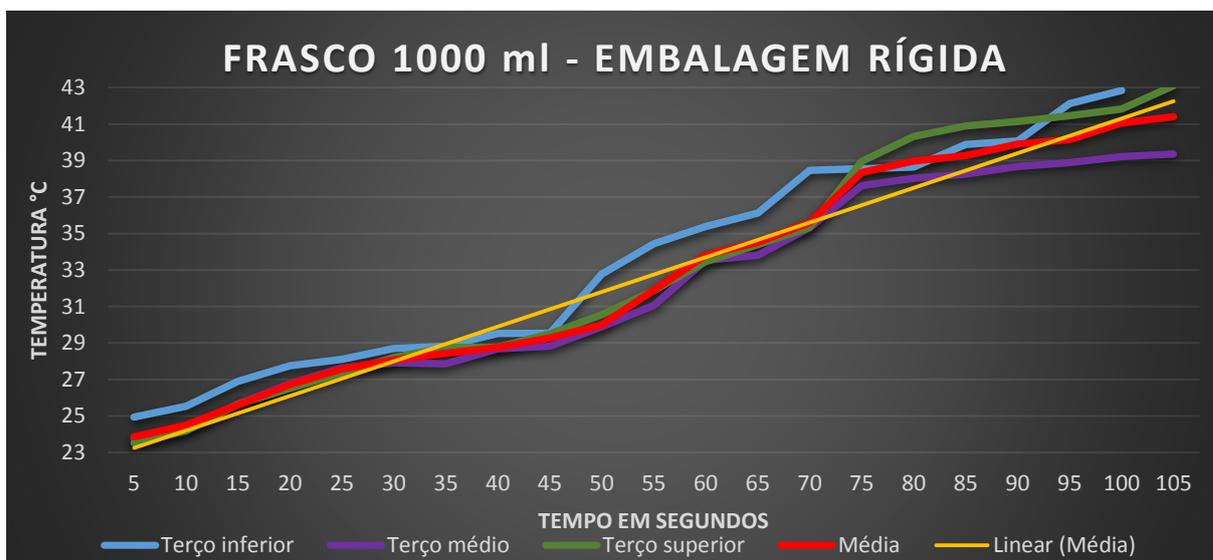
Tabela 9 - Temperatura obtida em frasco de soro de 1000 mililitros – embalagem rígida, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-onda.

(conclusão)

AQUECIMENTO EM FORNO MICRO-ONDAS							
EMBALAGEM RÍGIDA DE 1000 mililitros SEM AGITAÇÃO							
Volume da Solução	Umidade relativa do ar %	Temperatura °C ambiente	Temperatura °C inicial do soro	Temperatura em °C após 90 segundos de aquecimento			
				Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Média
1000	50,0	23,1	23,7	40,0	39,9	41,2	
1000	50,0	23,1	23,8	39,3	38,3	41,2	
1000	50,0	23,1	24,3	40,1	38,8	41,0	
1000	50,0	23,1	23,7	40,0	38,0	41,2	
1000	50,0	23,1	23,1	40,0	38,4	41,1	
Média	50,0	23,1	23,7	39,9	38,7	41,1	39,9
DP	0	0	0,43	0,33	0,74	0,09	1,23
Temperatura em °C após 95 segundos de aquecimento							
1000	58,0	22,6	20,7	38,8	37,4	40,8	
1000	58,0	22,6	20,7	41,0	40,0	41,8	
1000	58,0	22,6	20,6	40,2	37,7	41,8	
1000	58,0	22,6	20,7	41,5	40,0	41,9	
1000	58,0	22,6	20,0	38,9	39,3	41,0	
Média	58,0	22,6	20,5	40,1	38,9	41,5	40,1
DP	0	0	0,30	1,22	1,25	0,52	1,29
Temperatura em °C após 100 segundos de aquecimento							
1000	58,0	22,1	20,7	42,5	39,0	42,0	
1000	58,0	22,1	20,1	41,0	40,0	42,0	
1000	58,0	22,1	20,7	42,6	41,0	41,0	
1000	58,0	22,1	20,2	42,7	39,0	42,1	
1000	58,0	22,1	20,6	41,8	37,1	42,0	
Média	58,0	22,1	20,5	42,1	39,2	41,8	41,1
DP	0	0	0,29	0,72	1,45	0,46	1,59
Temperatura em °C após 105 segundos de aquecimento							
1000	58,0	22,1	20,9	43,0	39,9	42,0	
1000	58,0	22,1	20,9	43,1	39,7	43,1	
1000	58,0	22,1	21,1	43,1	38,9	41,3	
1000	58,0	22,2	21,3	41,4	39,3	40,6	
1000	58,0	22,2	21,4	43,6	39,0	43,1	
Média	58,0	22,1	21,1	42,8	39,4	42,0	41,4
DP	0	0,05	0,23	0,84	0,43	1,10	1,82

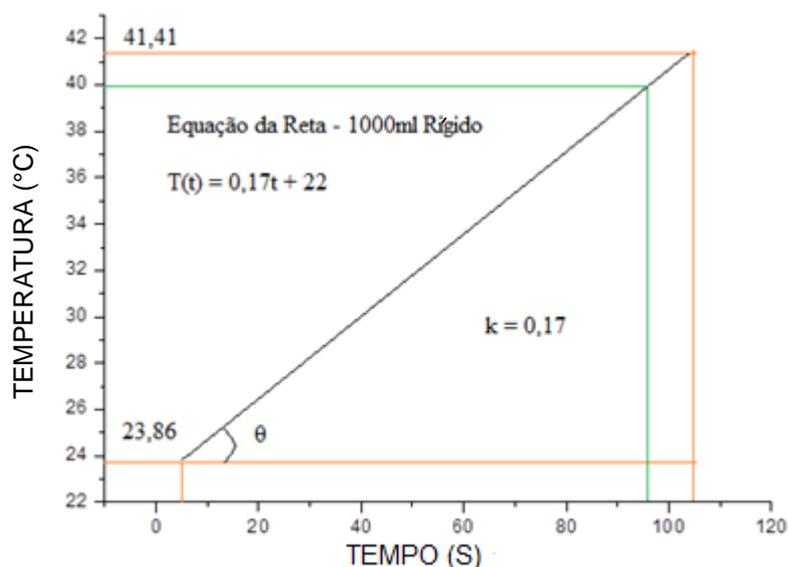
O gráfico 17 mostra que existiu uma irregularidade de temperatura nos terços da solução e que o terço inferior registrou temperatura maior, comparado aos demais terços.

Gráfico 17 – Média da temperatura obtida nos terços dos frascos de soro de 1000 mililitros - embalagem rígida, e média geral da temperatura, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas



Estudando o comportamento da variação da temperatura, assumiu-se a distribuição como linear (gráfico 18). Assim, aplicou-se a equação da reta e identificou-se a constante (k).

Gráfico 18 - Variação da temperatura do soro no frasco rígido de 1000 mililitros ao longo do tempo de aquecimento em um forno micro-ondas.



Legenda: linha alaranjada = pontos de intersecção dos intervalos da reta  
 Linha verde = pontos de intersecção da temperatura de 40 °C

A partir disso, realizou-se o cálculo para determinar o tempo de aquecimento necessário para que essa solução, nessa embalagem, alcançasse a temperatura de 40 °C.

$$\text{Cálculo } k = \frac{T_f - T_i}{t_f - t_i}$$

$$k = \text{tg}\theta = \frac{41,41 - 23,86}{105 - 5}$$

$$K = 0,175$$

$$T(t) = k \cdot t + T_0$$

$$T(t) = 0,175 \cdot t + 22$$

$$\text{Para: } T(t) = 40^\circ$$

$$40 = 0,175 \cdot t + 22$$

$$t = \underline{18}$$

$$0,175$$

$$t = 102,8 \text{ s}$$

Legenda:

k = coeficiente de inclinação da reta

T<sub>f</sub> = temperatura final em graus Celsius

T<sub>i</sub> = temperatura em graus Celsius após aquecimento inicial

t<sub>f</sub> = tempo em segundos de aquecimento final

t<sub>i</sub> = tempo em segundos, de aquecimento inicial

tgθ = Inclinação da reta

Legenda:

T = Temperatura em graus Celsius

t = tempo em segundos

k = coeficiente de inclinação da reta

T<sub>0</sub> = temperatura do soro antes do aquecimento

Nos experimentos com embalagem flexível de frascos de soro de 1000 mililitros, a umidade relativa do ar variou de 48% a 60%, a temperatura ambiente de 22 °C a 24 °C e a temperatura inicial do soro de 21 °C a 25,1 °C. O tempo gasto para o soro atingir a temperatura média de 40 °C foi maior que 100 segundos (tabela 10).

Tabela 10 - Temperatura obtida em frasco de soro de 1000 mililitros – embalagem flexível, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas

(continua)

AQUECIMENTO EM FORNO MICRO-ONDAS							
EMBALAGEM FLEXÍVEL 1000 mililitros SEM AGITAÇÃO							
Volume da Solução	Umidade relativa do ar %	Temperatura °C ambiente	Temperatura °C inicial do soro	Temperatura em °C após 5 segundos de aquecimento			
				Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Média
1000	48,0	22,0	22,6	23,7	23,7	23,5	
1000	48,0	22,0	22,8	23,7	23,7	23,6	
1000	48,0	22,0	23,1	23,7	23,6	23,6	
1000	48,0	22,0	23,0	23,8	23,8	23,8	
1000	48,0	22,0	23,0	23,9	23,7	23,7	
Média	48,0	22,0	22,9	23,8	23,7	23,6	23,7
DP	0	0	0,2	0,09	0,07	0,11	0,06
Temperatura em °C após 10 segundos de aquecimento							
1000	48,0	22,0	23,5	25,4	25,9	25,0	
1000	48,0	23,0	22,4	25,3	24,8	24,7	
1000	48,0	23,0	22,7	25,1	24,7	24,6	
1000	48,0	23,0	22,9	25,6	24,9	24,6	
1000	48,0	23,0	22,6	25,2	24,8	24,2	
Média	48,0	23,0	22,8	25,3	25,0	24,6	25,0
DP	0	0,45	0,42	0,19	0,50	0,29	0,35

Tabela 10 - Temperatura obtida em frasco de soro de 1000 mililitros – embalagem flexível, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas

(continuação)

AQUECIMENTO EM FORNO MICRO-ONDAS							
EMBALAGEM FLEXÍVEL 1000 mililitros SEM AGITAÇÃO							
Volume da Solução	Umidade relativa do ar %	Temperatura °C ambiente	Temperatura °C inicial do soro	Temperatura em °C após 15 segundos de aquecimento			
				Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Média
1000	50,0	22,1	22,7	26,1	26,0	26,0	
1000	50,0	22,1	22,8	25,8	25,7	25,7	
1000	50,0	22,1	22,3	25,4	25,3	25,1	
1000	50,0	22,1	22,4	25,6	25,6	25,4	
1000	50,0	22,1	22,3	25,7	25,6	25,4	
Média	50,0	22,1	22,5	25,7	25,6	25,5	25,6
DP	0	0	0,23	0,26	0,25	0,34	0,10
Temperatura em °C após 20 segundos de aquecimento							
1000	50,0	22,1	22,5	25,5	25,8	25,8	
1000	50,0	22,2	22,2	26,0	25,0	26,5	
1000	50,0	22,2	21,9	25,3	25,6	26,4	
1000	50,0	22,2	22,1	25,8	25,8	25,9	
1000	50,0	22,2	22,4	28,1	26,1	26,0	
Média	50,0	22,2	22,2	26,1	25,7	26,1	26,0
DP	0	0,04	0,24	1,13	0,41	0,31	0,27
Temperatura em °C após 25 segundos de aquecimento							
1000	50,0	22,2	22,9	25,9	25,9	26,8	
1000	50,0	22,3	22,4	28,1	26,6	26,5	
1000	50,0	22,3	22,3	25,8	25,8	26,4	
1000	50,0	22,3	22,1	26,6	27,7	26,0	
1000	50,0	22,3	22,3	26,2	26,6	26,7	
Média	50,0	22,3	22,4	26,5	26,5	26,5	26,5
DP	0	0,04	0,3	0,94	0,76	0,31	0,02
Temperatura em °C após 30 segundos de aquecimento							
1000	52,0	22,0	22,3	28,3	27,1	28,4	
1000	52,0	22,0	22,3	27,1	26,7	27,3	
1000	52,0	22,0	21,5	27,7	26,7	28,7	
1000	52,0	22,0	21,5	27,2	27,2	28,5	
1000	52,0	22,0	20,9	27,7	27,9	28,9	
Média	52,0	22,0	21,7	27,6	27,1	28,4	27,7
DP	0	0	0,6	0,48	0,49	0,62	0,63
Temperatura em °C após 35 segundos de aquecimento							
1000	52,0	22,0	21,3	27,1	27,1	28,9	
1000	52,0	22,1	21,3	28,1	27,5	29,2	
1000	52,0	22,1	21,3	28,0	28,0	28,7	
1000	52,0	22,1	21,3	27,3	28,2	29,5	
1000	52,0	22,1	21,4	28,8	27,9	28,0	
Média	52,0	22,1	21,3	27,9	27,7	28,9	28,2
DP	0	0,04	0,04	0,68	0,44	0,57	0,61

Tabela 10 - Temperatura obtida em frasco de soro de 1000 mililitros – embalagem flexível, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.

(continuação)

AQUECIMENTO EM FORNO MICRO-ONDAS							
EMBALAGEM FLEXÍVEL 1000 mililitros SEM AGITAÇÃO							
Volume da Solução	Umidade relativa do ar %	Temperatura °C ambiente	Temperatura °C inicial do soro	Temperatura em °C após 45 segundos de aquecimento			
				Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Média
1000	49,0	23,8	21,4	30,8	30,7	32,6	
1000	49,0	23,8	21,6	30,0	31,1	32,6	
1000	49,0	23,8	21,3	30,6	30,9	31,8	
1000	49,0	23,8	21,3	30,5	30,8	31,8	
1000	49,0	23,8	21,4	30,9	31,0	32,1	
Média	49,0	23,8	21,4	30,6	30,9	32,2	31,2
DP	0	0	0,12	0,35	0,16	0,40	0,85
Temperatura em °C após 50 segundos de aquecimento							
1000	49,0	23,8	21,3	32,9	32,5	32,7	
1000	49,0	23,9	21,4	29,8	29,2	32,0	
1000	49,0	23,9	21,3	30,8	33,1	32,7	
1000	49,0	23,9	21,2	30,5	32,9	32,2	
1000	49,0	23,9	21,5	29,9	33,1	32,0	
Média	49,0	23,9	21,3	30,8	32,2	32,3	31,8
DP	0	0	0,11	1,26	1,67	0,36	0,85
Temperatura em °C após 55 segundos de aquecimento							
1000	49,0	23,3	21,3	30,3	31,4	33,2	
1000	49,0	23,4	21,4	30,4	32,7	34,1	
1000	49,0	23,4	21,4	32,6	32,9	34,1	
1000	48,0	23,4	21,2	30,5	32,4	34,2	
1000	48,0	23,5	21,2	31,5	32,2	33,9	
Média	48,6	23,4	21,3	31,1	32,3	33,9	32,4
DP	0,55	0,07	0,1	0,99	0,58	0,41	1,42
Temperatura em °C após 60 segundos de aquecimento							
1000	50,0	23,3	21,2	32,0	32,3	35,1	
1000	50,0	23,3	21,5	32,5	32,5	35,2	
1000	50,0	23,3	21,2	32,2	32,0	35,2	
1000	50,0	23,3	21,7	31,8	32,5	35,1	
1000	50,0	23,3	21,6	32,0	31,9	35,2	
Média	50,0	23,3	21,4	32,1	32,2	35,2	33,2
DP	0	0	0,23	0,26	0,28	0,05	1,73
Temperatura em °C após 65 segundos de aquecimento							
1000	50,0	23,1	21,3	32,5	32,8	35,2	
1000	50,0	23,1	21,6	33,0	32,3	35,2	
1000	50,0	23,1	21,3	32,7	32,5	35,5	
1000	50,0	23,1	21,5	33,1	32,0	35,1	
1000	50,0	23,2	21,7	32,7	32,1	35,4	
Média	50,0	23,1	21,5	32,8	32,3	35,3	33,5
DP	0	0,04	0,18	0,24	0,32	0,16	1,58

Tabela 10 - Temperatura obtida em frasco de soro de 1000 mililitros – embalagem flexível, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.

(continuação)

AQUECIMENTO EM FORNO MICRO-ONDAS							
EMBALAGEM FLEXÍVEL 1000 mililitros SEM AGITAÇÃO							
Volume da Solução	Umidade relativa do ar %	Temperatura °C ambiente	Temperatura °C inicial do soro	Temperatura em °C após 70 segundos de aquecimento			
				Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Média
1000	48,0	24,0	21,6	33,5	34,7	36,0	
1000	48,0	24,0	22,7	33,0	35,8	36,0	
1000	48,0	24,0	22,2	33,2	34,5	35,9	
1000	48,0	24,0	22,3	35,2	34,9	36,2	
1000	48,0	24,0	21,5	33,3	34,5	36,1	
Média	48,0	24,0	22,1	33,6	34,9	36,0	34,9
DP	0	0	0,50	0,89	0,54	0,11	1,20
Temperatura em °C após 75 segundos de aquecimento							
1000	48,0	24,0	22,0	37,2	38,6	39,2	
1000	48,0	24,0	22,2	37,0	38,8	40,0	
1000	48,0	24,0	22,1	37,0	38,0	39,0	
1000	48,0	24,0	22,3	37,2	38,9	40,0	
1000	48,0	24,0	22,0	37,5	38,9	39,0	
Média	48,0	24,0	22,1	37,2	38,6	39,4	38,4
DP	0	0	0,50	0,20	0,38	0,52	1,15
Temperatura em °C após 80 segundos de aquecimento							
1000	50,0	23,8	25,1	37,0	40,3	41,0	
1000	50,0	23,8	24,6	38,0	37,6	41,6	
1000	50,0	23,8	24,2	37,8	40,0	40,0	
1000	50,0	23,8	24,1	37,0	38,0	39,6	
1000	50,0	23,8	24,0	37,1	37,9	41,7	
Média	50,0	23,8	24,4	37,4	38,8	40,8	39,0
DP	0	0	0,45	0,48	1,28	0,94	1,71
Temperatura em °C após 85 segundos de aquecimento							
1000	50,0	23,3	24,9	38,4	39,1	41,3	
1000	50,0	23,3	24,4	37,9	38,9	41,2	
1000	50,0	23,3	24,1	38,3	38,2	41,4	
1000	50,0	23,3	24,0	38,1	39,3	41,0	
1000	50,0	23,3	24,1	37,8	39,0	41,8	
Média	50,0	23,3	24,3	38,1	38,9	41,3	39,4
DP	0	0	0,37	0,25	0,42	0,30	1,69
Temperatura em °C após 90 segundos de aquecimento							
1000	50,0	23,4	23,8	37,4	39,2	41,0	
1000	50,0	23,5	23,7	40,1	39,4	41,7	
1000	50,0	23,5	23,0	37,2	39,0	42,0	
1000	50,0	23,5	24,1	37,4	39,2	42,8	
1000	50,0	23,5	23,6	40,1	39,4	41,8	
Média	50,0	23,5	23,6	38,4	39,2	41,9	39,8
DP	0	0,04	0,40	1,52	0,17	0,64	1,80

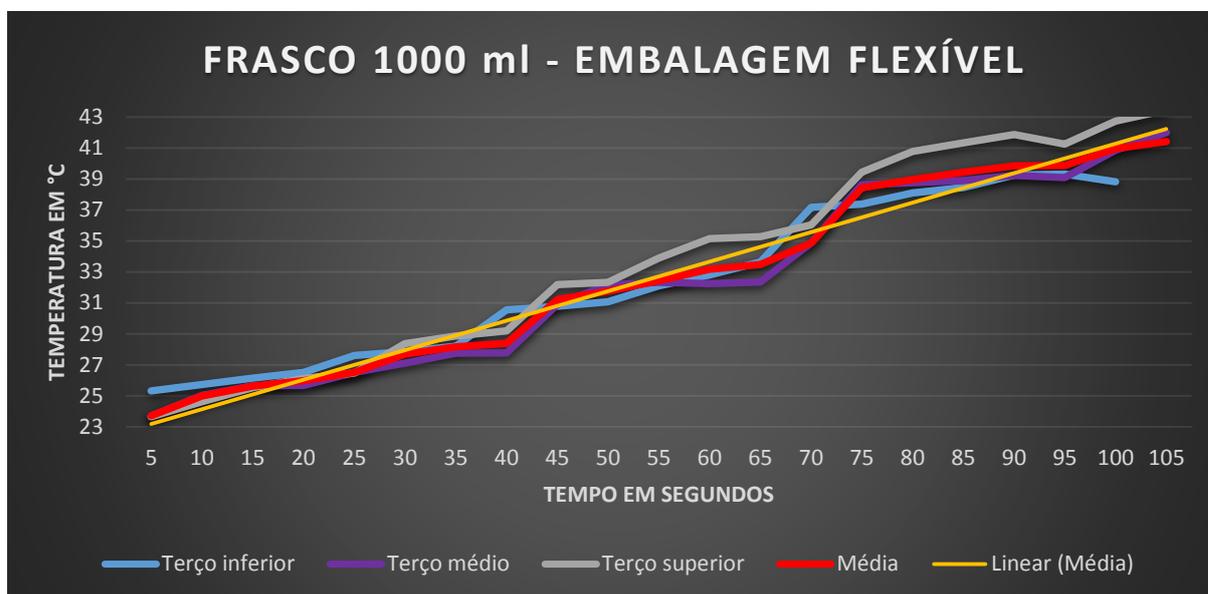
Tabela 10 - Temperatura obtida em frasco de soro de 1000 mililitros – embalagem flexível, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas.

(conclusão)

AQUECIMENTO EM FORNO MICRO-ONDAS							
EMBALAGEM FLEXÍVEL 1000 mililitros SEM AGITAÇÃO							
Volume da Solução	Umidade relativa do ar %	Temperatura °C ambiente	Temperatura °C inicial do soro	Temperatura em °C após 95 segundos de aquecimento			
				Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Média
1000	52,0	23,4	24,1	38,3	39,0	41,2	
1000	52,0	23,4	24,1	39,1	39,3	41,8	
1000	52,0	23,4	24,0	39,9	38,1	41,2	
1000	52,0	23,4	23,2	39,1	39,3	41,0	
1000	52,0	23,4	23,5	39,9	39,7	41,1	
Média	52,0	23,4	23,8	39,3	39,1	41,3	39,9
DP	0	0	0,41	0,67	0,60	0,31	1,21
Temperatura em °C após 100 segundos de aquecimento							
1000	56,0	23,6	24,0	40,9	41,8	42,7	
1000	56,0	23,6	24,1	37,9	40,2	42,9	
1000	56,0	23,6	23,9	40,0	40,9	43,0	
1000	56,0	23,6	23,2	37,6	40,4	43,0	
1000	56,0	23,6	23,0	40,2	41,0	42,1	
Média	56,0	23,6	23,6	39,3	40,9	42,7	41,0
DP	0	0	0,50	1,48	0,62	0,38	1,71
Temperatura em °C após 105 segundos de aquecimento							
1000	60,0	22,0	20,7	40,8	42,8	43,3	
1000	60,0	22,0	20,7	38,3	41,6	43,2	
1000	60,0	22,0	20,9	38,6	41,2	43,9	
1000	60,0	22,1	21,0	38,0	41,6	43,5	
1000	60,0	22,1	20,9	38,4	42,8	43,4	
Média	60,0	22,0	20,8	38,8	42,0	43,5	41,4
DP	0	0,05	0,13	1,13	0,75	0,27	2,37

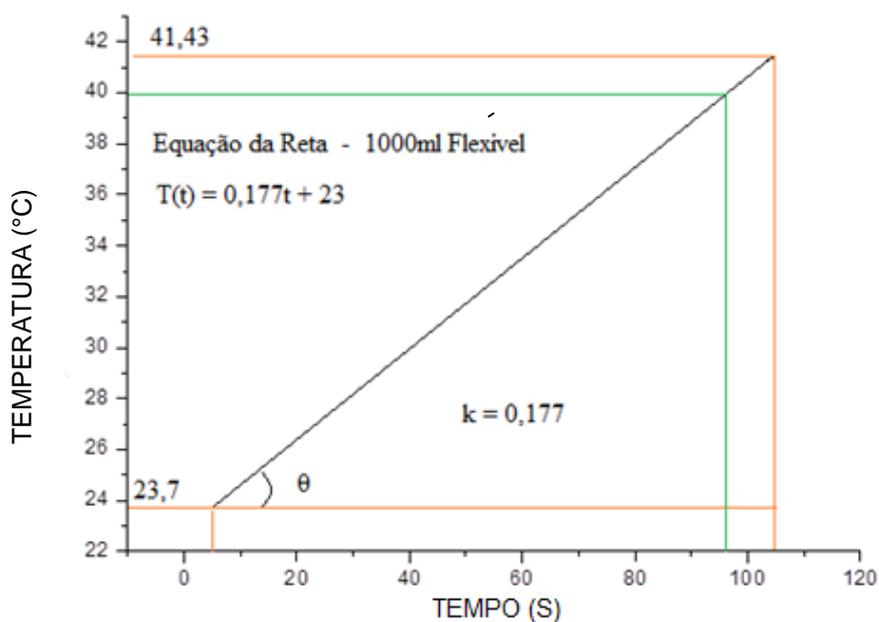
No gráfico 19 observa-se a elevação da temperatura ao longo do aquecimento, durante 105 segundos.

Gráfico 19 - Média da temperatura obtida nos terços dos frascos de soro de 1000 mililitros - embalagem flexível, e média geral da temperatura, segundo o tempo de aquecimento no forno micro-ondas



Estudando o comportamento da variação da temperatura, observou-se a tendência de distribuição linear dos valores médios da temperatura ao longo do tempo (gráfico 20). Assim, aplicou-se a equação da reta e identificou-se a constante (k).

Gráfico 20 - Variação da temperatura do soro no frasco flexível de 1000 mililitros ao longo do tempo de aquecimento em um forno micro-ondas.



Legenda: linha alaranjada = pontos de intersecção dos intervalos da reta  
 Linha verde = pontos de intersecção da temperatura de 40 °C

Realizou-se o cálculo para determinar o tempo de aquecimento necessário para que essa solução, na referida embalagem, alcançasse a temperatura de 40 °C.

$$\text{Cálculo } k = \frac{T_f - T_i}{t_f - t_i}$$

$$k = \text{tg}\theta = \frac{41,43 - 23,7}{105 - 5}$$

$$K = 0,177$$

Legenda:

k = coeficiente de inclinação da reta

T<sub>f</sub> = temperatura final em graus Celsius

T<sub>i</sub> = temperatura em graus Celsius após aquecimento inicial

t<sub>f</sub> = tempo em segundos de aquecimento final

t<sub>i</sub> = tempo em segundos, de aquecimento inicial

tgθ = Inclinação da reta

$$T(t) = k \cdot t + T_0$$

$$T(t) = 0,177 \cdot t + 23$$

$$\text{Para: } T(t) = 40 \text{ °C}$$

$$40 = 0,177 \cdot t + 23$$

$$t = \frac{17}{0,177}$$

$$t = 96,07 \text{ s}$$

$$t = 96,07 \text{ s}$$

Legenda:

T = Temperatura em graus Celsius

t = tempo em segundos

k = coeficiente de inclinação da reta

T<sub>0</sub> = temperatura do soro antes do aquecimento

Na tabela 11 apresenta-se a síntese da estimativa dos respectivos tempos necessários para o aquecimento das diferentes apresentações de frascos de solução fisiológica nas condições do experimento.

Tabela 11 - Tempo que cada frasco de soro fisiológico (100 mililitros, 250 mililitros, 500 mililitros e 1000 mililitros) leva para atingir a temperatura de 40 °C no forno micro-ondas e seus respectivos coeficientes de inclinação da reta (k).

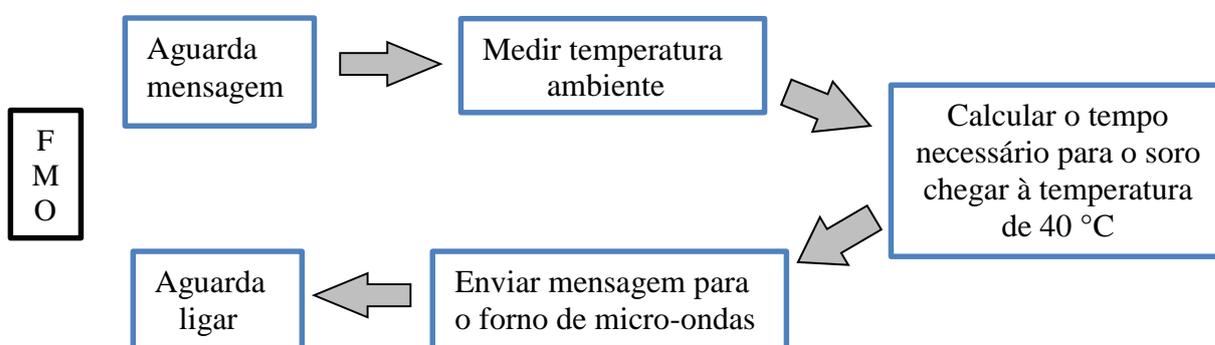
<b>Embalagem</b>	<b>Volume (ml)</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Coeficiente de inclinação da reta (k)</b>
Rígida	100	12,60	1,15
Flexível	100	10,0	1,5
Rígida	250	28,6	0,63
Flexível	250	29,8	0,604
Rígida	500	55,7	0,323
Flexível	500	54,6	0,311
Rígida	1000	102,8	0,175
Flexível	1000	96,07	0,177

Considerando que o tempo estimado para aquecimento de frascos fisiológico de 100, 250 e 500 ml na embalagem rígida e flexível são próximos (diferença < 2 segundos), e que os coeficientes de inclinação da reta de elevação da temperatura no aquecimento dos frascos de rígido e flexível de 1000 ml foram próximos, assumiu-se

que a programação do forno micro-ondas poderia ser a mesma para as duas embalagens.

A partir desses resultados, aplicou-se a equação da reta na programação do micro-ondas em que o transdutor de temperatura ambiente faz a leitura da temperatura inicial e calcula o tempo médio esperado para alcançar a temperatura programada de 40 °C. Com base nos parâmetros estabelecidos foi criado um algoritmo de programação pelo engenheiro elétrico, conforme a figura 51.

Figura 51 – Proposta de algoritmo para implementar a engenharia reversa no forno micro-ondas.



O forno micro-ondas adaptado e o *design* do painel onde ficam os botões de acionamento, com suas identificações por volume de soro pode ser visualizado na figura 52.

Figura 52 - Forno micro-ondas adaptado para aquecimento de soluções na área de saúde – FMO-AAS-AS



## Discussão

Ficou evidente a contribuição da engenharia reversa (ER) no protótipo 3. Vários autores definem ER (YAU; HAQUES; MENQ, 1993; ABELLA; DASCHBACH; NICHOLS, 1994; ELIAM, 2005; LIOU, 2007) e tais definições passam basicamente por duas etapas: a primeira constitui-se na obtenção de informações que caracterizam o objeto de ação, identificando seus componentes e seu padrão de inter-relacionamento; a segunda consiste de uma atividade que não altera o objeto de ação e não é destrutivo (DIAS, 1998).

Para a concretização dessas etapas, é necessária uma expertise técnica (DIAS, 1998). O desenvolvimento de modelos matemáticos foi fundamental para certificar o funcionamento do forno micro-ondas, agora adaptado. O uso das equações representa uma interpretação matemática do procedimento experimental e facilita a aplicação para a obtenção das grandezas físicas: tempo e temperatura.

Com esses resultados, julga-se que o forno micro-ondas adaptado se mostrou eficiente no aquecimento de soluções, podendo ser útil para uso na sala de curativos.

O procedimento é simples, pois conta com o uso do transdutor de temperatura inicial, que faz a medida da temperatura ambiente, evitando o perigo de superaquecimento da solução.

A limpeza de equipamentos de manipulação contínua deve ser adequada e eficiente como medida de prevenção e controle das infecções hospitalares para oferecer maior segurança na assistência, tanto para o paciente quanto para os profissionais (CHEN; CHEN; WANG, 2014).

Em um estudo realizado em uma unidade de terapia intensiva, investigou-se a contaminação de equipamentos e a rotina de limpeza/desinfecção. Concluiu-se que a contaminação existe, assim como a eficiência do álcool a 70% na desinfecção (CORDEIRO *et al.*, 2015). No caso do forno micro-ondas adaptado, é possível realizar a limpeza com água e sabão e desinfecção com álcool a 70%.

## 5.2 Determinação do número de agitação dos frascos de solução, de modo a homogeneizar a solução

Sabendo do aquecimento irregular dos terços dos frascos da solução, determinou-se o número de agitações dos frascos para homogeneizar a temperatura da solução.

### Método

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Práticas Fundamentais de Enfermagem da Universidade Federal de Goiás.

Materiais e equipamentos: um forno micro-ondas adaptado, com potência máxima de 1000 W, frequência de 2.450 MHz (LG Electronics), modelo MS3047GA. Foram tomados 200 frascos de solução fisiológica, sendo 25 de cada volume (100ml, 250ml, 500ml e 1000ml) diferentes tipos de embalagem (rígida e flexível). Para cada ensaio referente a um determinado número de agitações foi usado 5 amostras de embalagem rígida e 5 amostras de embalagem flexível.

### Procedimento de obtenção e registro de dados:

Para marcar o nível da solução e traçar seus terços e assim delimitar a área de leitura das temperaturas, todos os frascos foram colocados suspensos em um suporte. Realizou-se a leitura da umidade relativa do ar e da temperatura ambiente com um termo-higrômetro (MT-240-Minipa) e, para aferir a temperatura inicial da solução de cada frasco, utilizou-se um termômetro a *laser* (Infrared DT 380), posicionado a uma distância de aproximadamente 10 cm do frasco na posição do terço médio.

Cada amostra era sempre posicionada no centro do prato giratório e, após fechada a porta do forno micro-ondas, acionava-se o botão correspondente ao volume a ser aquecido.

Após o aquecimento, cada a amostra referente aos volumes testados sofreu diferentes números de agitação (zero a cinco). A leitura da temperatura se dava em três regiões distintas da amostra: terço inferior, terço médio e terço superior, com o sensor a *laser* posicionado a uma distância aproximadamente de 10 cm do ponto de leitura.

O procedimento foi repetido para cada um dos cinco frascos de diferentes volumes, após testagem da temperatura, obtida mediante um determinado número de

agitação, foram tomadas novas amostras para os experimentos subsequentes, nos quais testou-se progressivamente novas agitações.

Os gráficos 21 a 26 mostram a temperatura dos cinco frascos rígidos de 100 ml nos terços inferior (TI), médio (TM) e superior (TS), após o aquecimento automatizado padrão, em um único ensaio, e o resultado provocado pelos diferentes números de agitação.

No teste Mann-Whitney não foi encontrada diferença significativa nas médias das temperaturas dos terços inferior, médio e superior após o aquecimento padrão por ondas eletromagnéticas (gráfico 21).

O mesmo se repetiu com a realização de 1 a 4 agitações (gráficos 22 a 25). Contudo, na quinta agitação, verificou-se diferença significativa de temperatura nos terços médio e superior ( $p = 0,044$ ) e nos terços inferior e superior ( $p = 0,034$ ).

Esses resultados indicam que para os frascos rígidos de 100 ml não é necessária qualquer agitação para homogeneizar a temperatura no interior dos frascos e, ao mesmo tempo, é desaconselhável agitações desnecessárias.

Gráfico 21 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 100 mililitros sem agitação

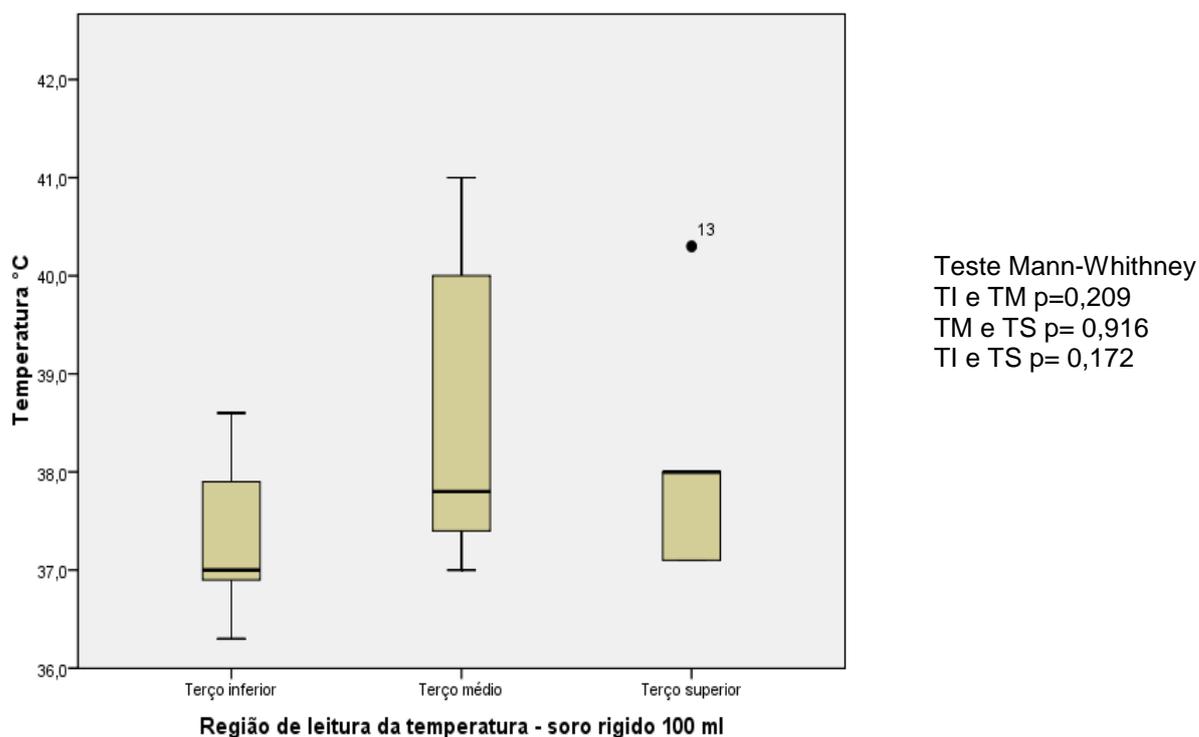
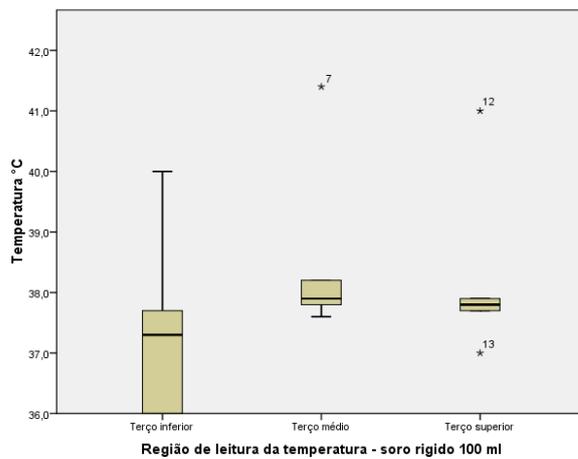
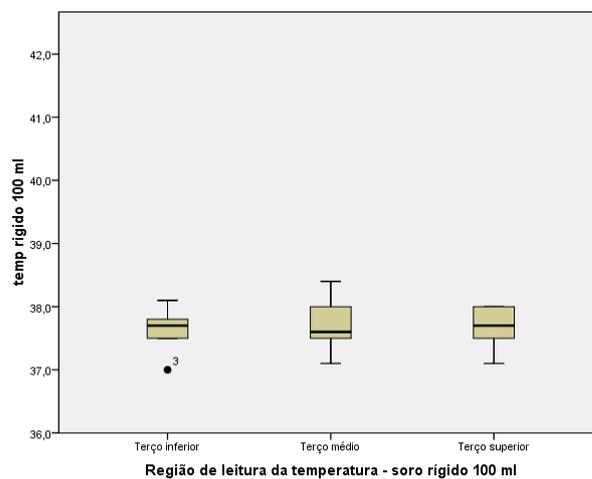


Gráfico 22 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 100 mililitros com 1 agitação



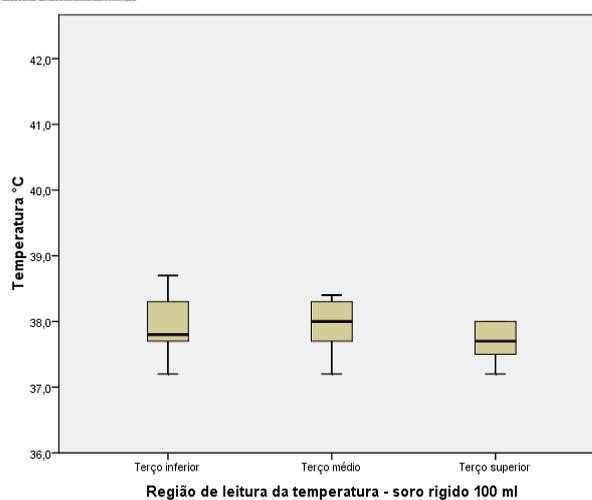
Teste Mann-Whithney  
 TI e TM  $p=0,116$   
 TM e TS  $p= 0,462$   
 TI e TS  $p= 0,207$

Gráfico 23 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 100 mililitros com 2 agitações



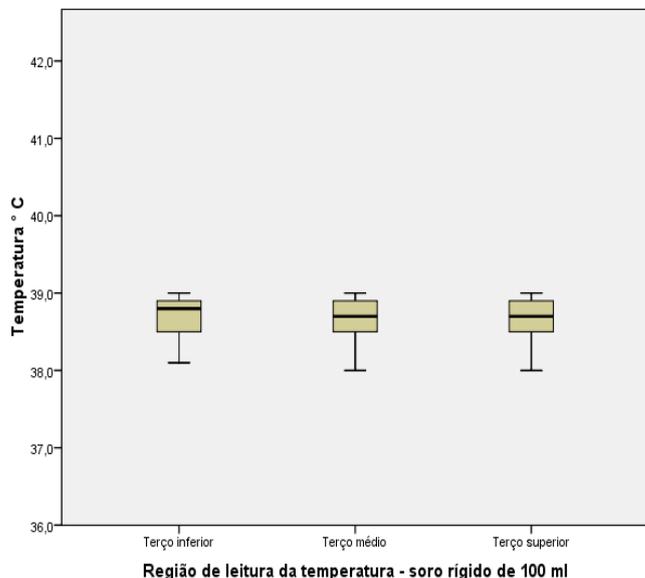
Teste Mann-Whithney  
 TI e TM  $p=0,834$   
 TM e TS  $p= 0,916$   
 TI e TS  $p= 0,915$

Gráfico 24 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 100 mililitros com 3 agitações



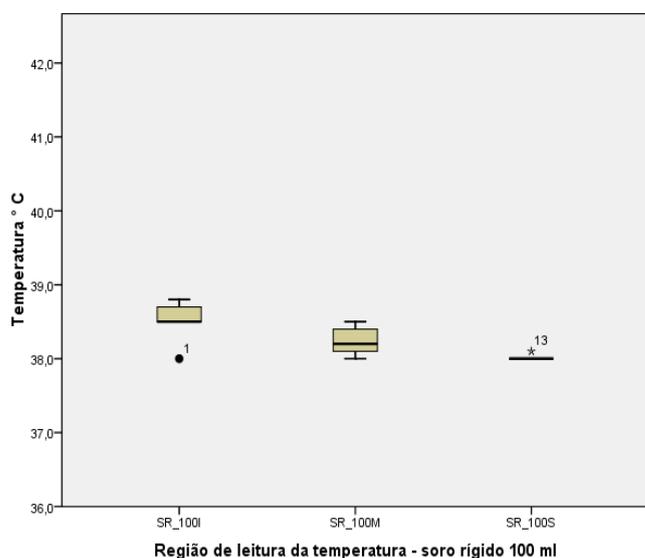
Teste Mann-Whithney  
 TI e TM  $p= 1,000$   
 TM e TS  $p= 0,338$   
 TI e TS  $p= 0,461$

Gráfico 25 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 100 mililitros com 4 agitações



Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,833$   
 TM e TS  $p= 1,000$   
 TI e TS  $p= 0,833$

Gráfico 26 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 100 mililitros com 5 agitações



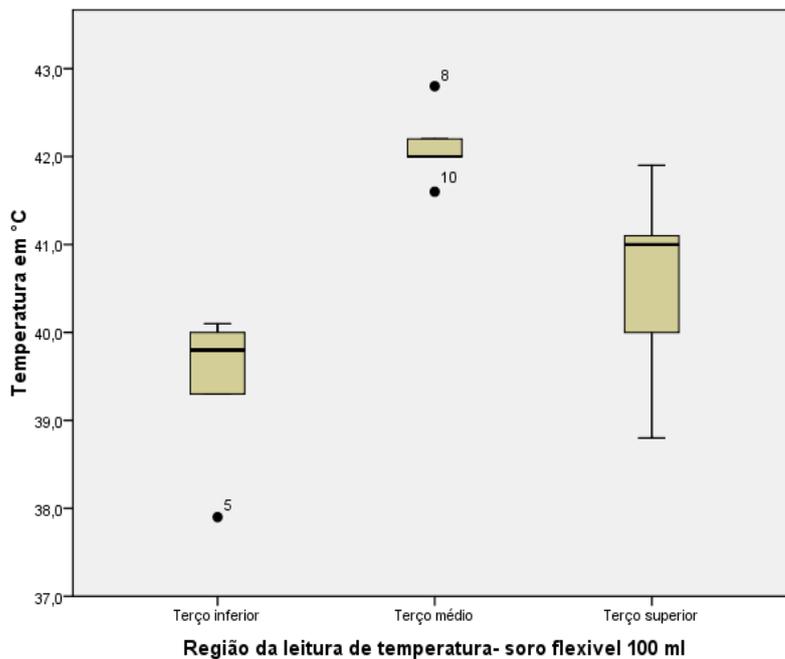
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,138$   
 TM e TS  $p= 0,044$   
 TI e TS  $p= 0,034$

Os gráficos 27 a 32 mostram a temperatura no interior dos frascos flexíveis de 100 ml nos terços inferior (TI), médio (TM) e superior (TS), após o aquecimento padrão, e o resultado provocado pelos diferentes números de agitação.

No gráfico 27 observa-se diferença significativa nas médias de temperatura no TI e no TM ( $p = 0,009$ ) e no TM e no TS ( $p = 0,016$ ), o que indica a necessidade de mecanismos de homogeneização.

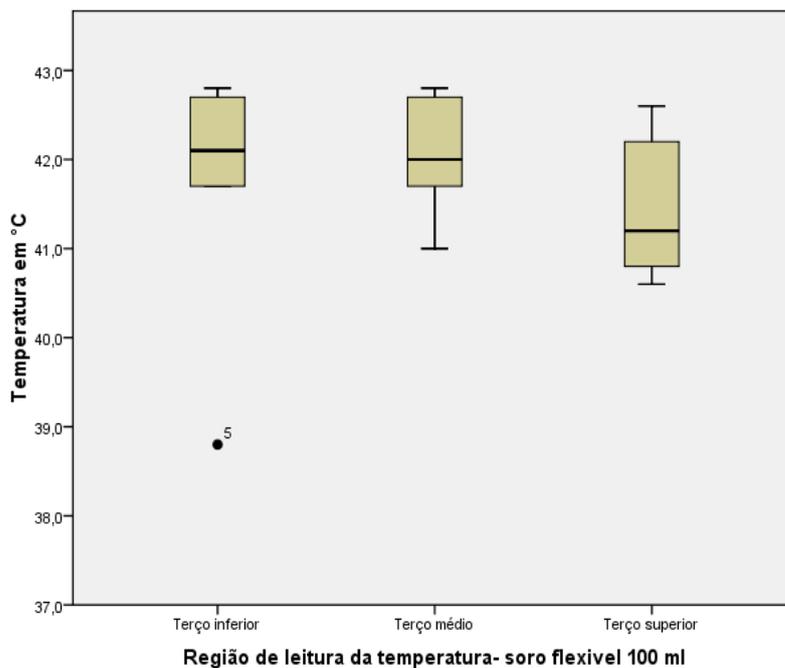
Como pode ser visto nos gráficos 28 ao 32, uma agitação foi suficiente para produzir ausência de diferença significativa das médias temperaturas nos terços dos frascos e esse resultado foi mantido com 2 a 5 agitações.

Gráfico 27 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 100 mililitros sem agitação



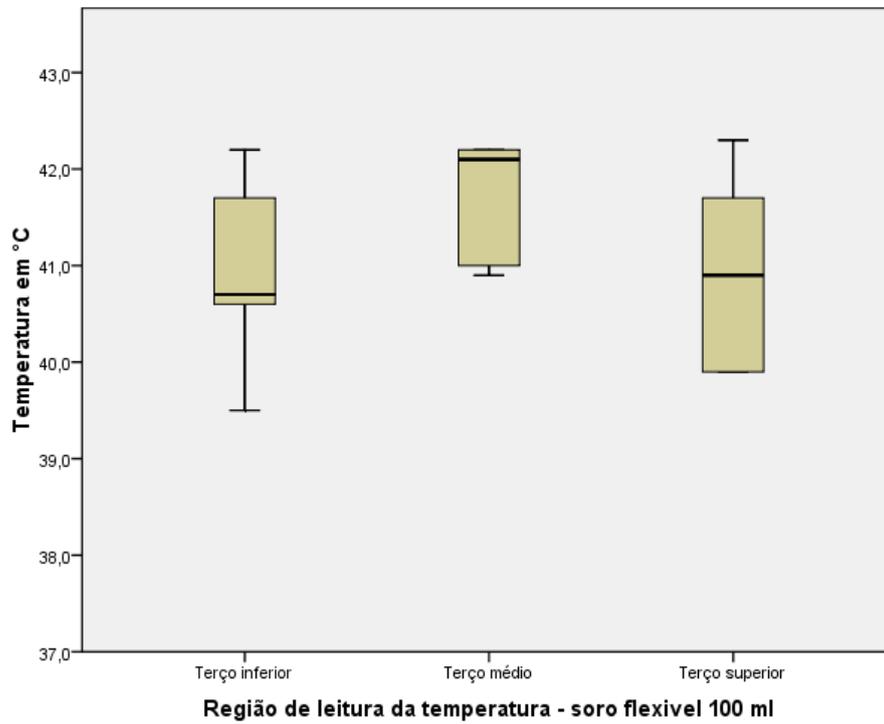
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,009$   
 TM e TS  $p= 0,016$   
 TI e TS  $p= 0,142$

Gráfico 28 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 100 mililitros com 1 agitação.



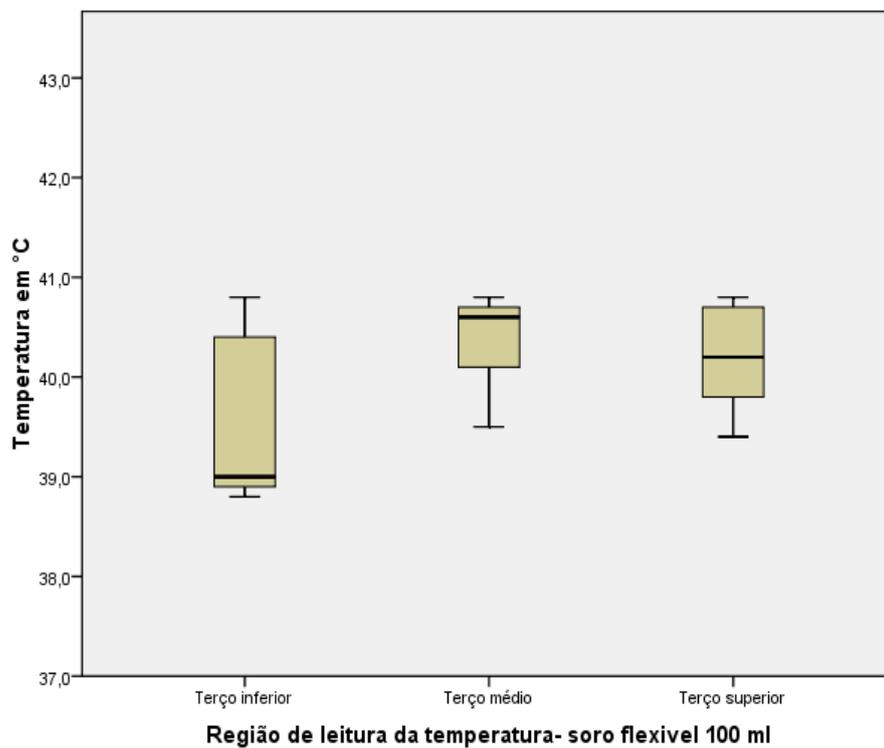
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=1,000$   
 TM e TS  $p= 0,251$   
 TI e TS  $p= 0,465$

Gráfico 29 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior nos frascos flexíveis de soro fisiológico de 100 mililitros com 2 agitações



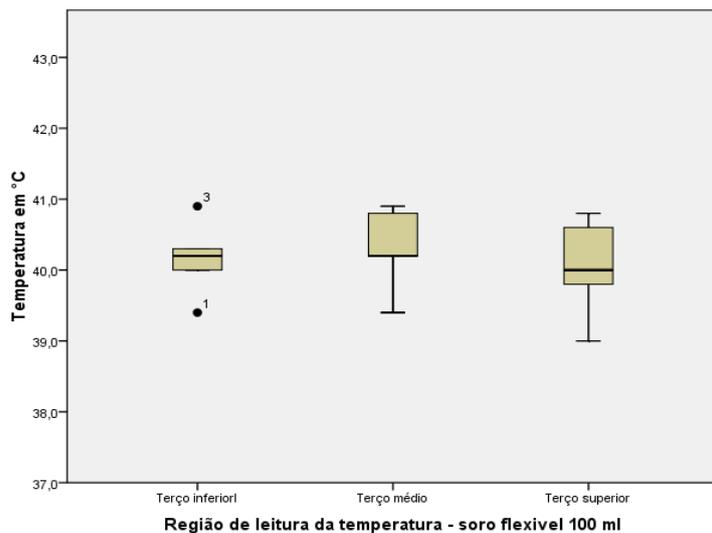
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,169$   
 TM e TS  $p=0,292$   
 TI e TS  $p=0,834$

Gráfico 30 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 100 mililitros com 3 agitações



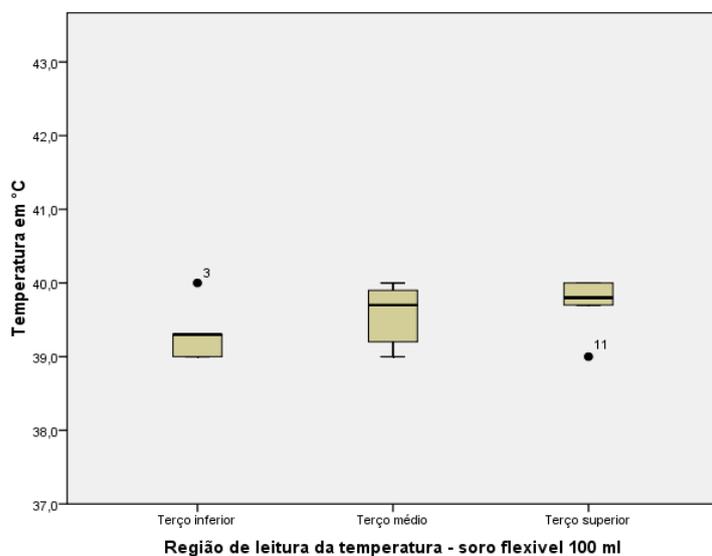
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,209$   
 TM e TS  $p=0,753$   
 TI e TS  $p=0,295$

Gráfico 31 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 100 mililitros com 4 agitações



Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,750$   
 TM e TS  $p= 0,401$   
 TI e TS  $p= 0,675$

Gráfico 32 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 100 mililitros com 5 agitações



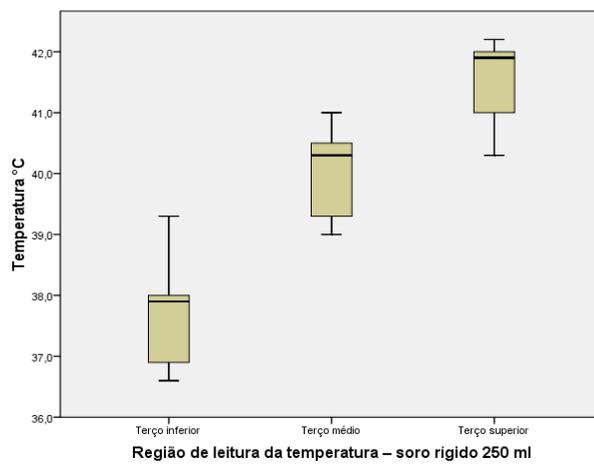
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,523$   
 TM e TS  $p= 0,595$   
 TI e TS  $p= 0,237$

Os gráficos 33 a 38 evidenciam a temperatura no interior dos frascos rígidos de 250 ml de solução fisiológica nos terços inferior (TI), médio (TM) e superior (TS), após o aquecimento padrão, e o resultado produzido por diferentes agitações.

No gráfico 33 verifica-se diferença significativa nas médias de temperatura em todos os terços, o que indica a necessidade de um processo de homogeneização.

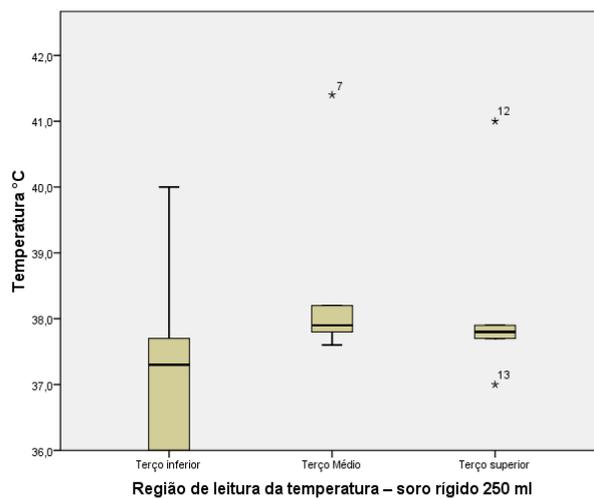
Quando se produziu uma agitação nos frascos, eliminaram-se as diferenças (gráfico 34). Esse resultado se manteve com 2 a 5 agitações (gráficos 35 a 38).

Gráfico 33 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 250 mililitros sem agitação



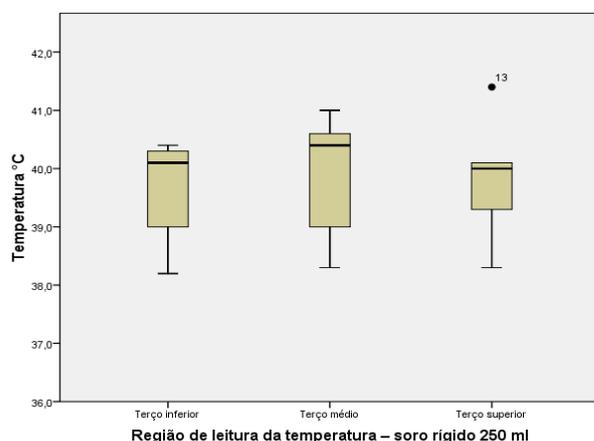
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,021$   
 TM e TS  $p= 0,046$   
 TI e TS  $p= 0,009$

Gráfico 34 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 250 mililitros com 1 agitação



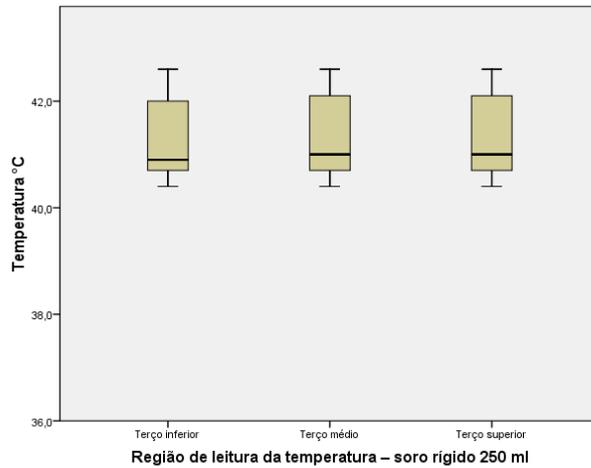
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p= 1,000$   
 TM e TS  $p= 0,673$   
 TI e TS  $p= 0,673$

Gráfico 35 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 250 mililitros com 2 agitações



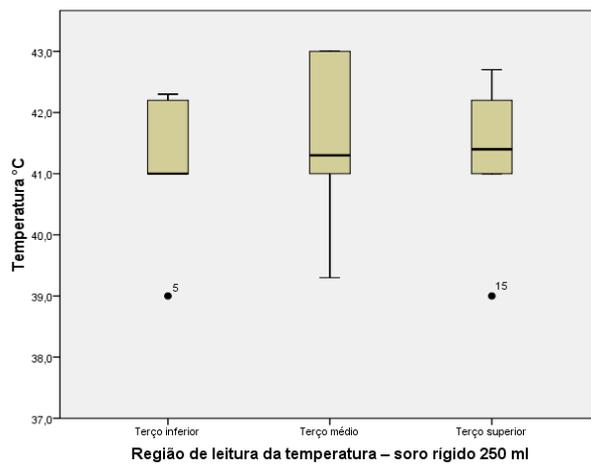
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p= 0,344$   
 TM e TS  $p= 0,834$   
 TI e TS  $p= 0,100$

Gráfico 36 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 250 mililitros com 3 agitações



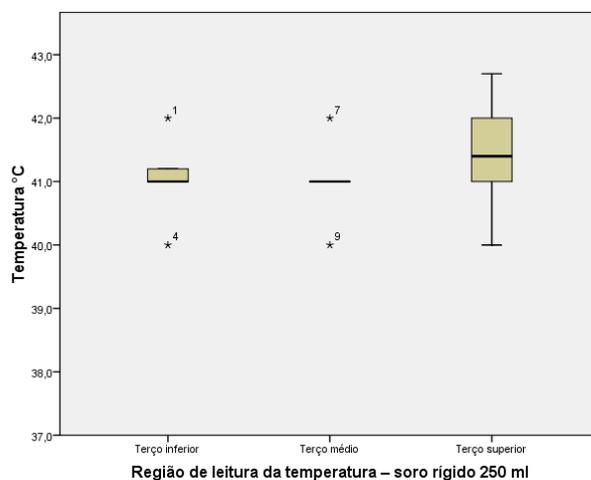
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,833$   
 TM e TS  $p= 0,100$   
 TI e TS  $p= 0,833$

Gráfico 37 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 250 mililitros com 4 agitações



Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p= 0,458$   
 TM e TS  $p= 0,674$   
 TI e TS  $p= 0,750$

Gráfico 38 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 250 mililitros com 5 agitações

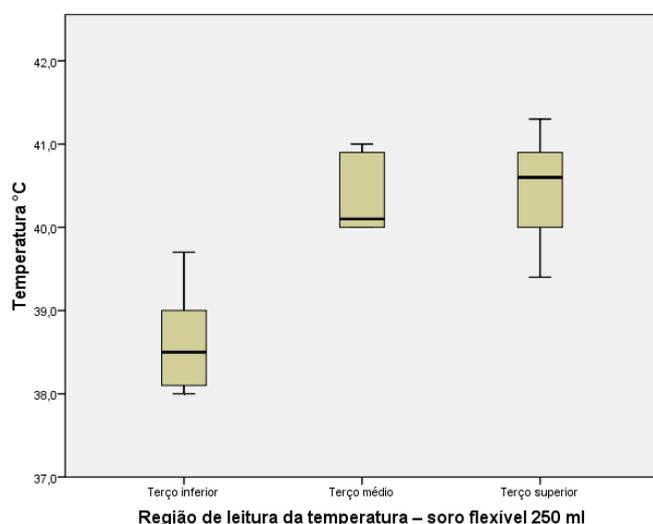


Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p= 0,736$   
 TM e TS  $p= 0,386$   
 TI e TS  $p= 0,456$

Os gráficos 39 a 44 evidenciam a temperatura da solução fisiológica no interior dos frascos flexíveis de 250 ml, nos terços inferior (TI), médio (TM) e superior (TS), após o aquecimento padronizado, e o resultado advindo das diferentes agitações. No gráfico 39 verifica-se que houve diferença significativa nas médias de temperatura em todos os terços, o que indica a necessidade de um processo de homogeneização.

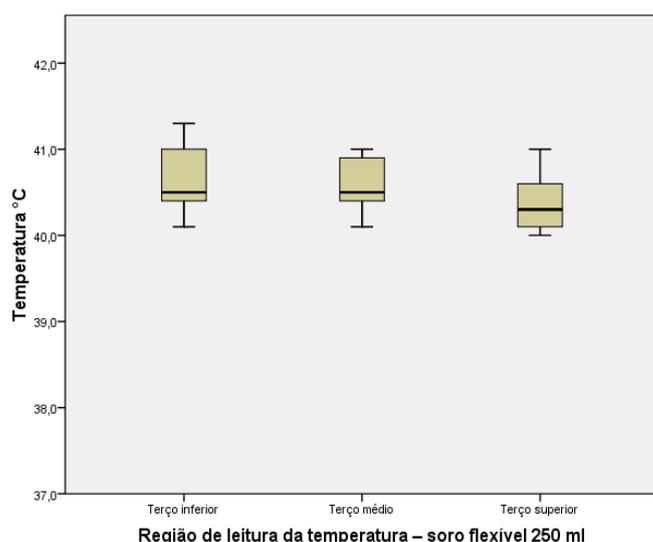
No gráfico 40 verifica-se que, quando se produzir uma agitação nos frascos, eliminaram-se as diferenças, e esse resultado foi mantido com 2 a 5 agitações (gráficos 41 a 44).

Gráfico 39 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 250 mililitros sem agitação



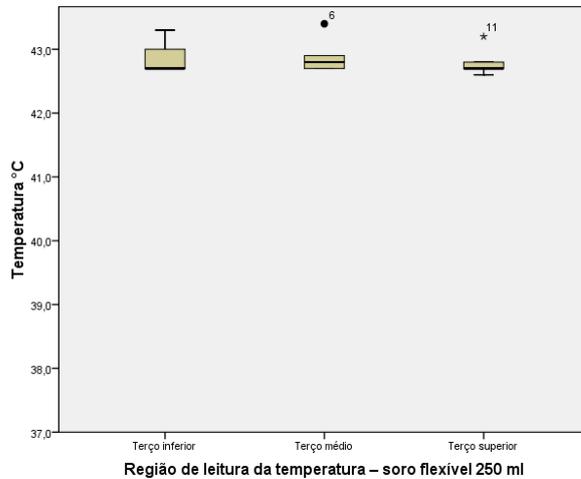
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,009$   
 TM e TS  $p= 1,00$   
 TI e TS  $p= 0,016$

Gráfico 40 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 250 mililitros com 1 agitação



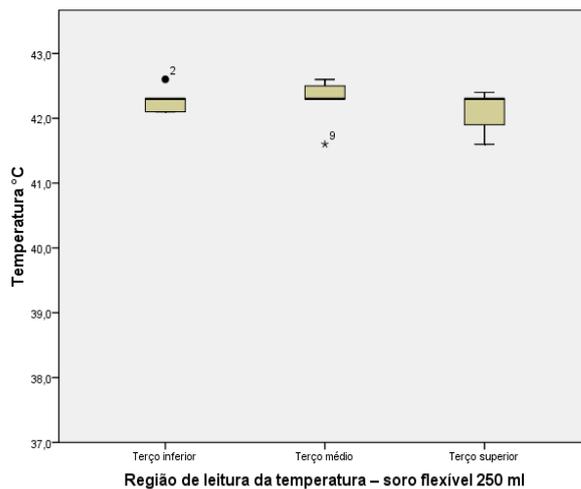
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,751$   
 TM e TS  $p= 0,462$   
 TI e TS  $p= 0,344$

Gráfico 41 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior nos frascos flexíveis de soro fisiológico de 250 mililitros com 2 agitações



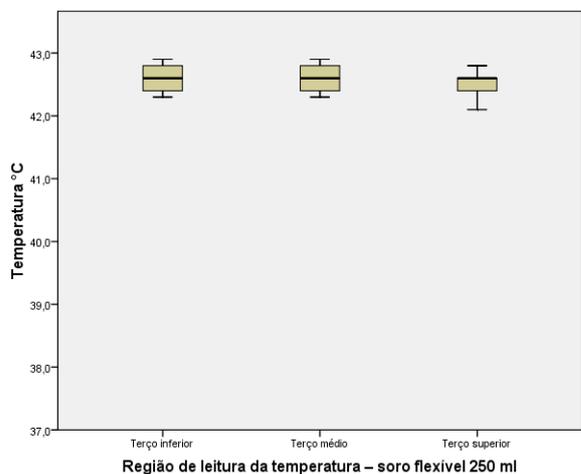
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,738$   
 TM e TS  $p= 0,387$   
 TI e TS  $p= 0,577$

Gráfico 42 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 250 mililitros com 3 agitações



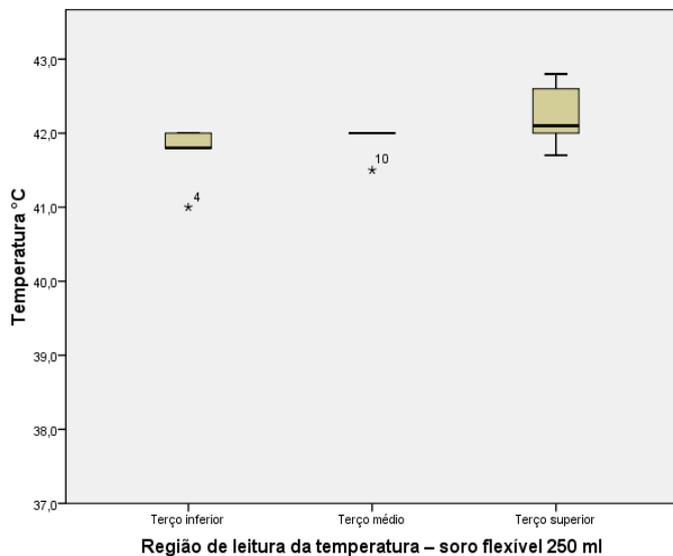
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,664$   
 TM e TS  $p= 0,387$   
 TI e TS  $p= 0,589$

Gráfico 43 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 250 mililitros com 4 agitações



Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p= 1,000$   
 TM e TS  $p= 0,595$   
 TI e TS  $p= 0,595$

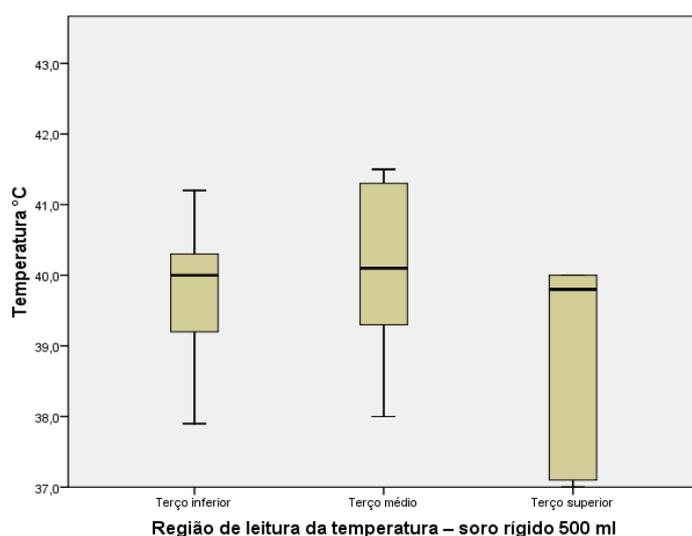
Gráfico 44 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexível de soro fisiológico de 250 mililitros com 5 agitações



Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p= 0,288$   
 TM e TS  $p= 0,147$   
 TI e TS  $p= 0,112$

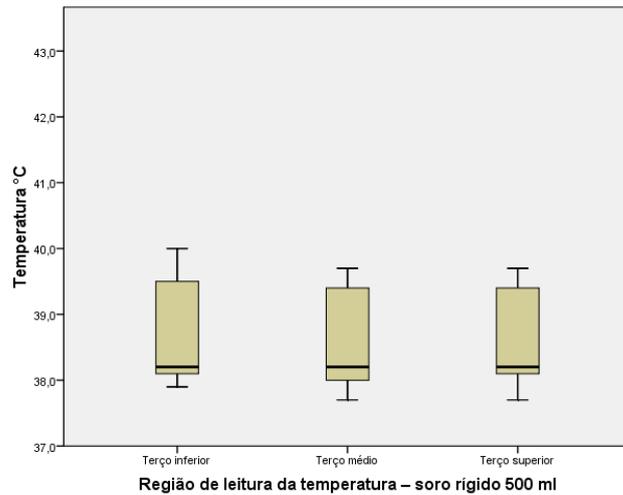
Os gráficos 45 a 50 mostram a temperatura da solução fisiológica no interior dos frascos rígidos de 500 ml nos terços inferior, médio e superior (TI, TM e TS respectivamente) após o aquecimento padronizado. Verificou-se ausência de diferença entre as temperaturas; portanto, nenhum indicativo de necessidade de homogeneização. Isso se manteve com 1 a 5 agitações (gráficos 46 a 50).

Gráfico 45 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 500 mililitros sem agitação



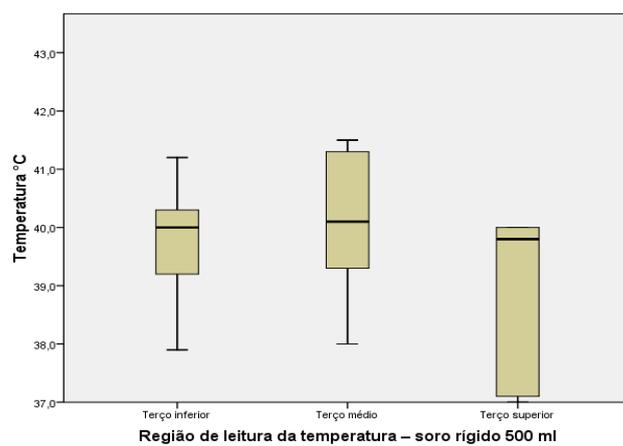
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,754$   
 TM e TS  $p= 0,917$   
 TI e TS  $p=0,841$

Gráfico 46 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 500 mililitros com 1 agitação



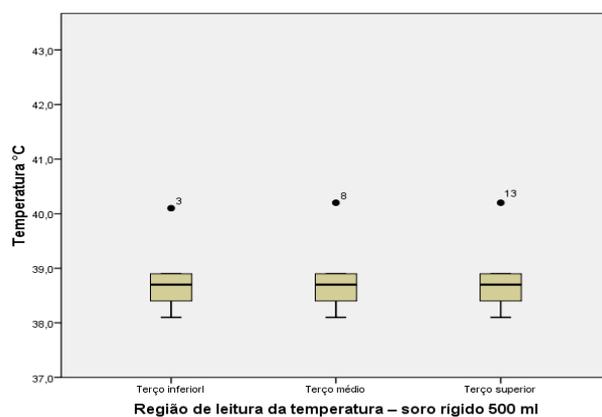
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,675$   
 TM e TS  $p= 0,916$   
 TI e TS  $p=0,753$

Gráfico 47 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 500 mililitros com 2 agitações



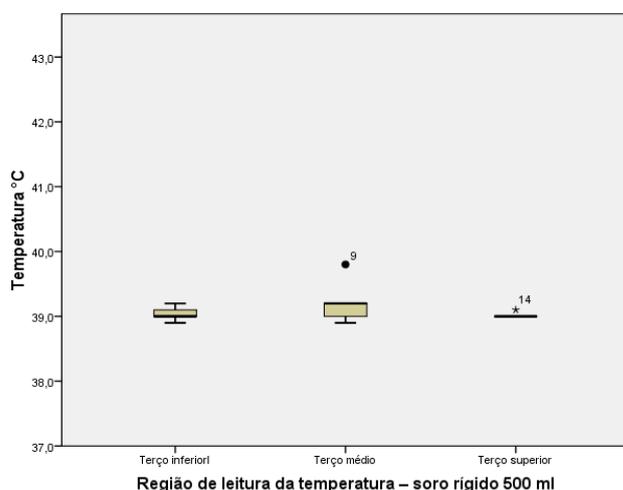
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,515$   
 TM e TS  $p= 0,906$   
 TI e TS  $p=0,589$

Gráfico 48 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 500 mililitros com 3 agitações



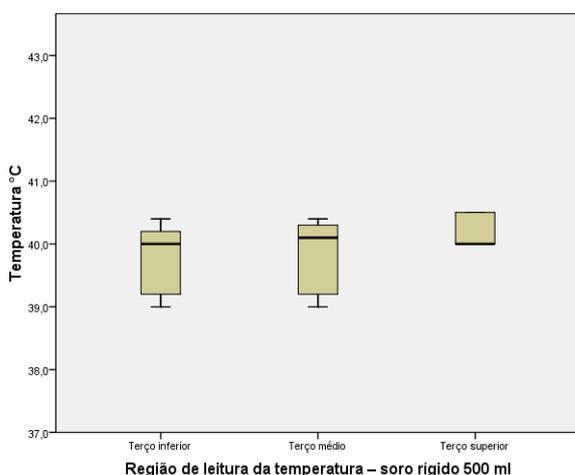
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,916$   
 TM e TS  $p= 1,000$   
 TI e TS  $p=0,916$

Gráfico 49 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 500 mililitros com 4 agitações



Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,390$   
 TM e TS  $p= 0,314$   
 TI e TS  $p=0,813$

Gráfico 50 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 500 mililitros com 5 agitações

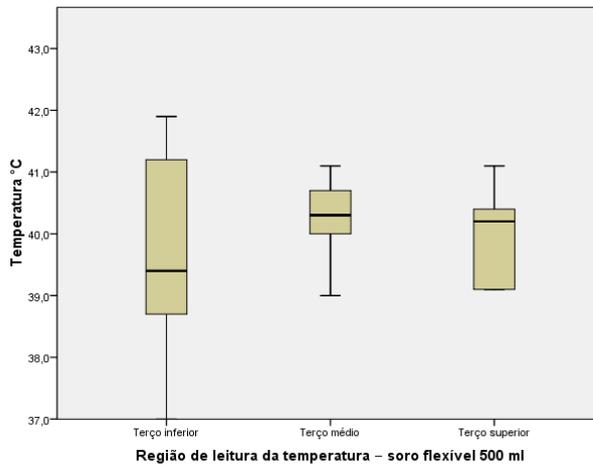


Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,833$   
 TM e TS  $p= 0,458$   
 TI e TS  $p=0,280$

Os gráficos 51 a 56 mostram a temperatura do soro fisiológico no interior dos frascos flexíveis de 500 ml nos terços inferior, médio e superior (TI, TM e TS respectivamente), após o aquecimento padronizado, e o resultado após as diferentes agitações.

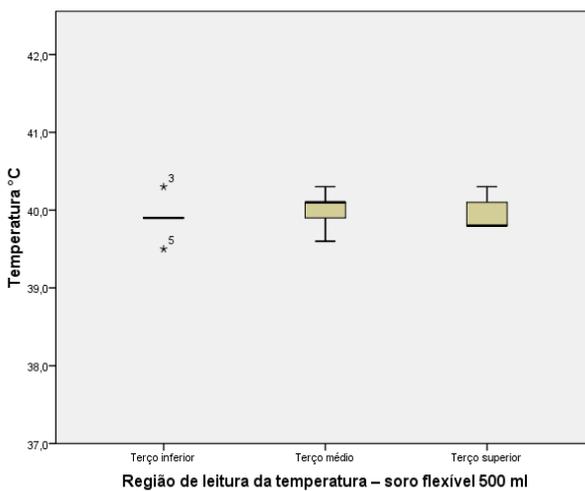
Não foram encontradas diferenças das medianas de temperatura, comparando-se o TI, o TM e o TS sem agitação (gráfico 51). O mesmo ocorreu com 1 a 5 agitações (gráficos 52 a 56). Isso indica que, para esse tipo de frasco e volume, não se faz necessário qualquer processo de uniformização da temperatura.

Gráfico 51 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 500 mililitros sem agitação



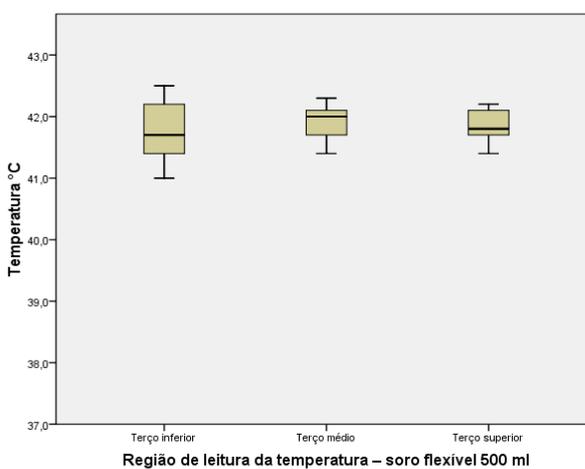
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,754$   
 TM e TS  $p=0,834$   
 TI e TS  $p=0,917$

Gráfico 52 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 500 mililitros com 1 agitação



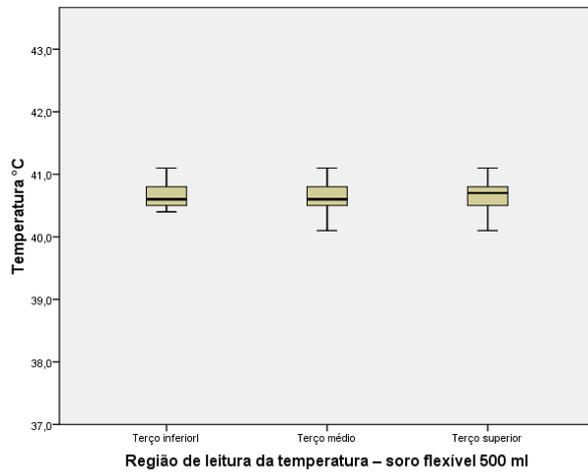
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,448$   
 TM e TS  $p=0,667$   
 TI e TS  $p=0,830$

Gráfico 53 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 500 mililitros com 2 agitações



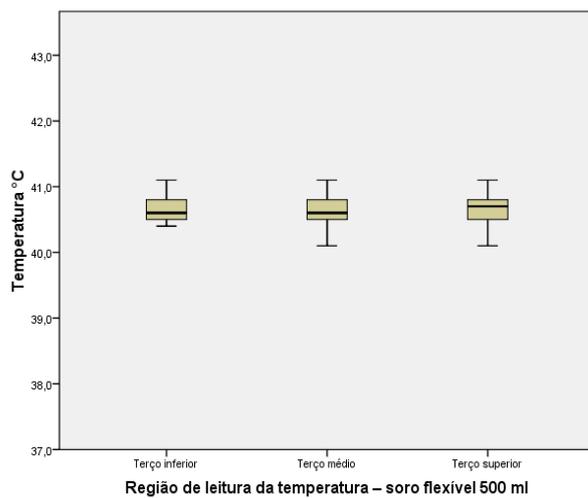
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,753$   
 TM e TS  $p=0,833$   
 TI e TS  $p=0,833$

Gráfico 54 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 500 mililitros com 3 agitações



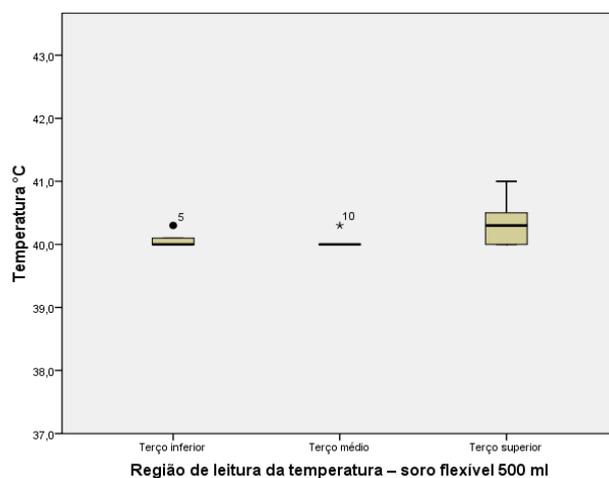
Teste Mann-Whithney  
 TI e TM  $p=0,916$   
 TM e TS  $p= 0,916$   
 TI e TS  $p=1,000$

Gráfico 55 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 500 mililitros com 4 agitações



Teste Mann-Whithney  
 TI e TM  $p=0,916$   
 TM e TS  $p= 0,916$   
 TI e TS  $p=1,000$

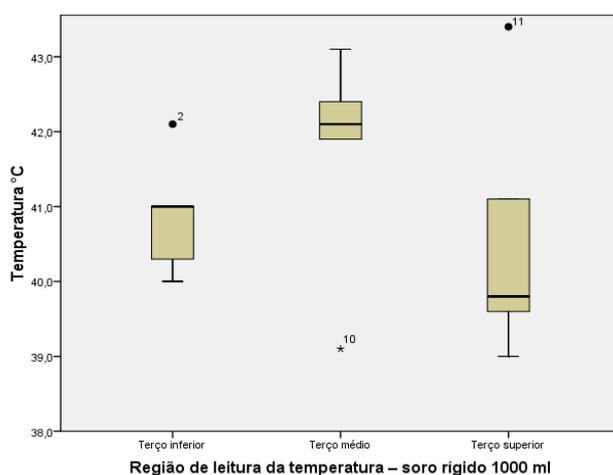
Gráfico 56 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior nos frascos flexíveis de soro fisiológico de 500 mililitros com 5 agitações



Teste Mann-Whithney  
 TI e TM  $p=0,606$   
 TM e TS  $p= 0,156$   
 TI e TS  $p=0,264$

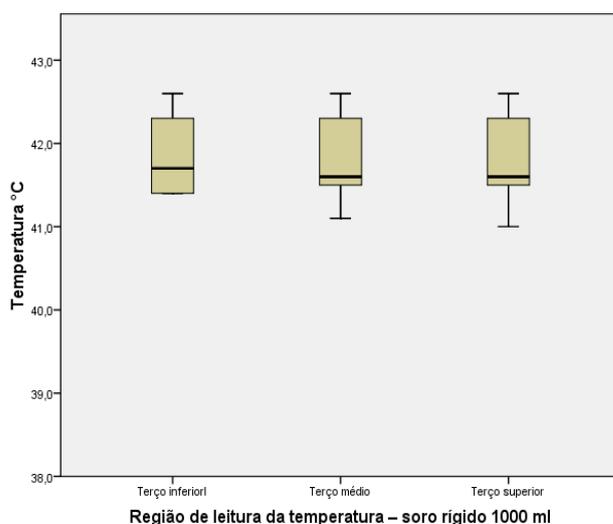
Os gráficos 57 a 62 mostram a temperatura no interior dos frascos rígidos de solução fisiológica de 1000 ml nos terços inferior, médio e superior (TI, TM e TS respectivamente), após o aquecimento padronizado, e o resultado sem procedimentos de homogeneização sob as diferentes agitações. Não foi encontrada diferença nas medianas de temperatura, comparando-se o TI, o TM e o TS antes das agitações (gráfico 57). O mesmo se manteve com 1 a 5 agitações (gráficos 58 a 62). Isso indica que para esse tipo de frasco e volume não se faz necessário qualquer processo de uniformização da temperatura.

Gráfico 57 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior nos frascos rígidos de soro fisiológico de 1000 mililitros sem agitação



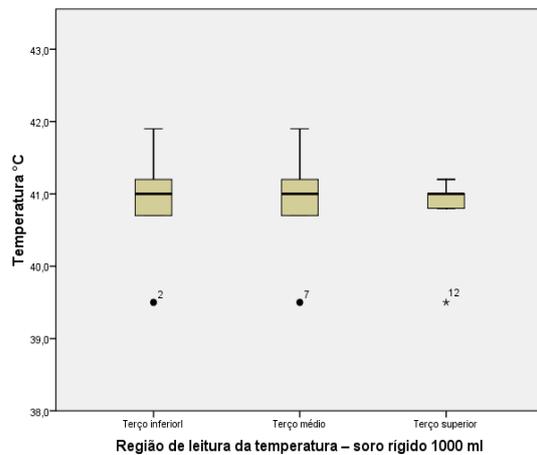
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,207$   
 TM e TS  $p= 0,347$   
 TI e TS  $p=0,463$

Gráfico 58 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 1000 mililitros com 1 agitação



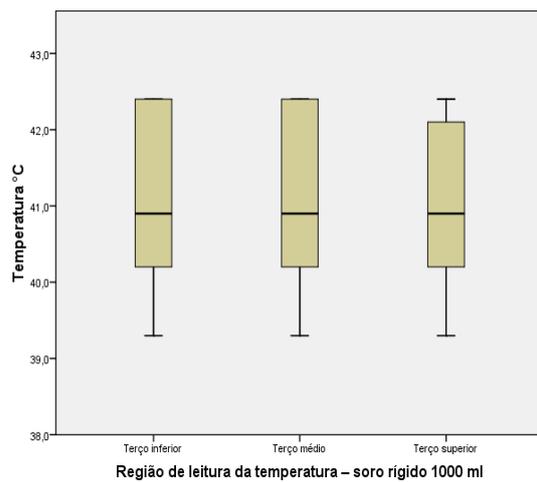
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,916$   
 TM e TS  $p= 0,916$   
 TI e TS  $p=0,916$

Gráfico 59 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 1000 mililitros com 2 agitações



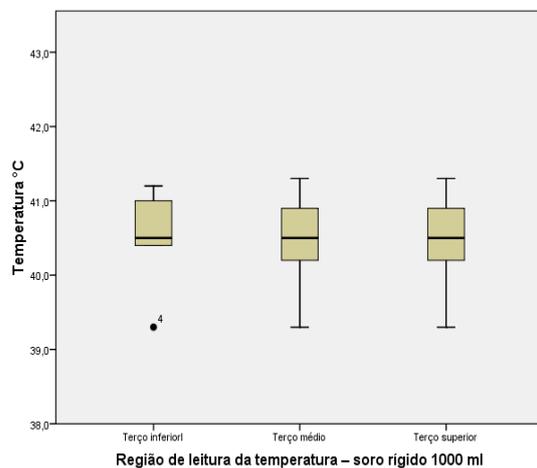
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=1,00$   
 TM e TS  $p= 0,750$   
 TI e TS  $p=0,750$

Gráfico 60 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 1000 mililitros com 3 agitações



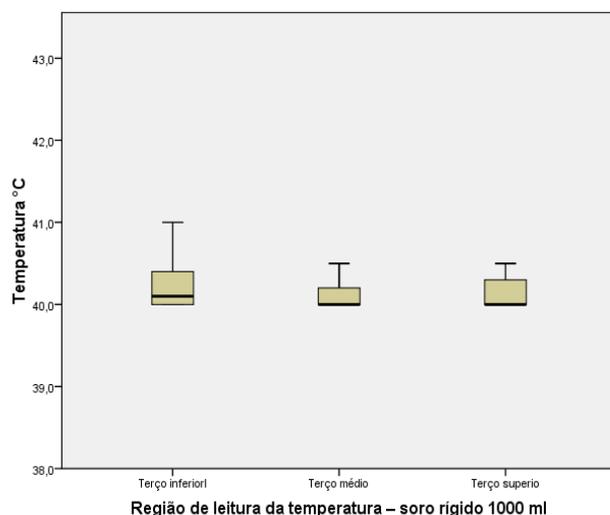
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=1,000$   
 TM e TS  $p= 0,831$   
 TI e TS  $p=0,831$

Gráfico 61 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 1000 mililitros com 4 agitações



Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,916$   
 TM e TS  $p= 1,000$   
 TI e TS  $p=0,916$

Gráfico 62 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos rígidos de soro fisiológico de 1000 mililitros com 5 agitações



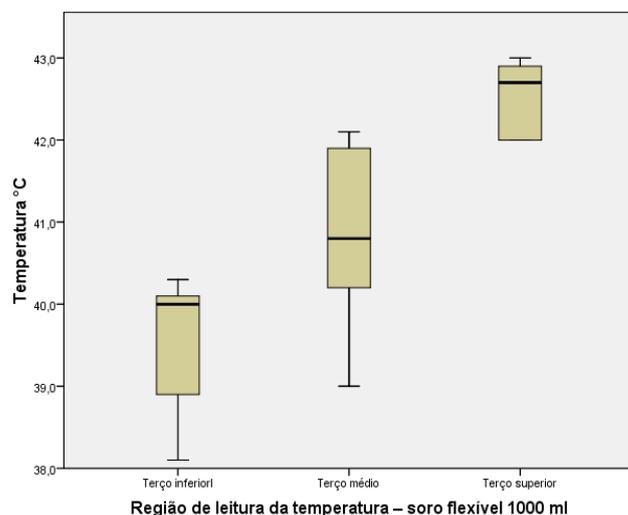
Teste Mann-Whithney  
 TI e TM  $p=0,577$   
 TM e TS  $p= 0,906$   
 TI e TS  $p=0,577$

Os gráficos 63 a 68 mostram a temperatura no interior dos frascos flexíveis de 1000 ml nos terços inferior (TI), médio (TM) e superior (TS), após o aquecimento, e o resultado provocado pelas diferentes agitações.

No gráfico 63 observa-se diferença significativa nas médias de temperatura no TM e no TS ( $p = 0,028$ ) e também no TI e no TS ( $p = 0,009$ ), o que indica a necessidade de mecanismos de homogeneização.

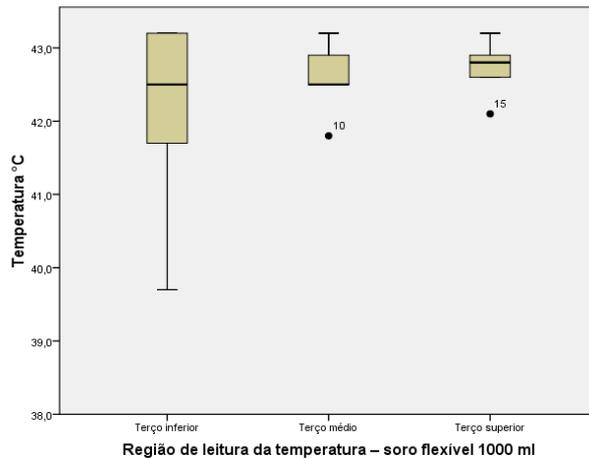
Como pode ser visto nos gráficos 64 ao 68, uma agitação foi suficiente para produzir ausência de diferença significativa das medianas de temperaturas nos terços dos frascos, e esse resultado se manteve com 2 a 5 agitações.

Gráfico 63 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 1000 mililitros sem agitação



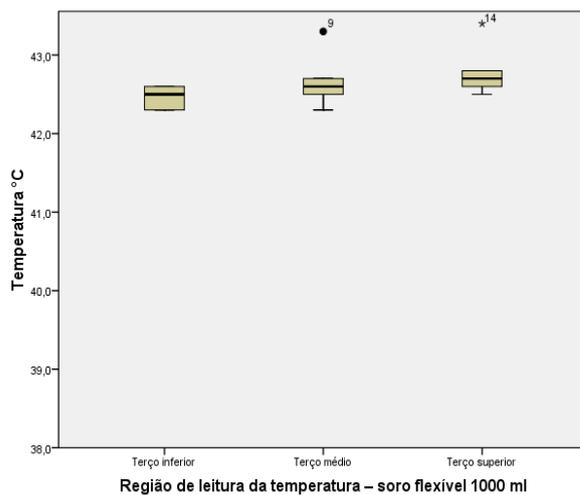
Teste Mann-Whithney  
 TI e TM  $p=0,076$   
 TM e TS  $p= 0,028$   
 TI e TS  $p=0,009$

Gráfico 64 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior nos frascos flexíveis de soro fisiológico de 1000 mililitros com 1 agitação



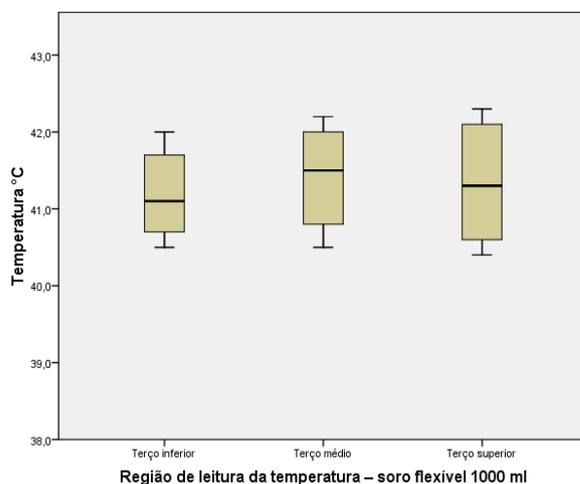
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,748$   
 TM e TS  $p= 0,598$   
 TI e TS  $p=0,597$

Gráfico 65 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 1000 mililitros com 2 agitações



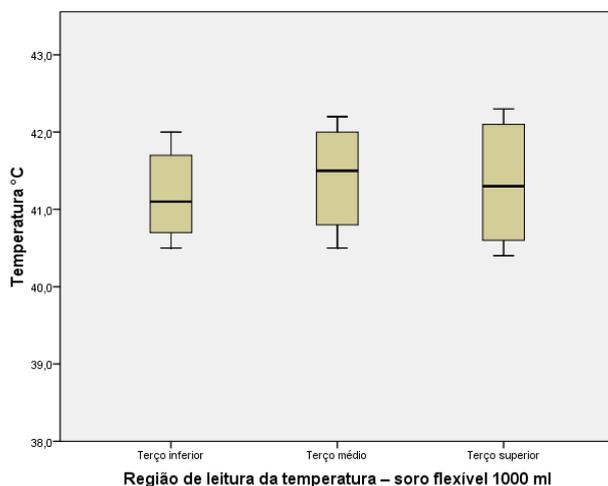
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,595$   
 TM e TS  $p= 0,399$   
 TI e TS  $p=0,246$

Gráfico 66 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 1000 mililitros com 3 agitações



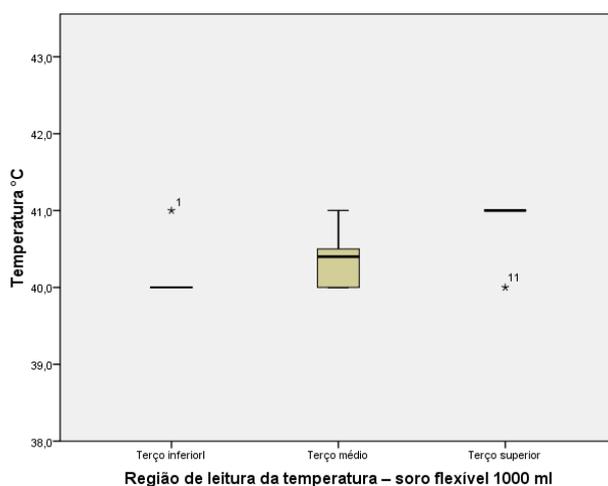
Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,599$   
 TM e TS  $p= 0,917$   
 TI e TS  $p=0,754$

Gráfico 67 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior nos frascos flexíveis de soro fisiológico de 1000 mililitros com 4 agitações



Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,750$   
 TM e TS  $p= 1,000$   
 TI e TS  $p=0,597$

Gráfico 68 - Temperaturas dos terços inferior, médio e superior dos frascos flexíveis de soro fisiológico de 1000 mililitros com 5 agitações



Teste Mann-Whitney  
 TI e TM  $p=0,345$   
 TM e TS  $p= 0,142$   
 TI e TS  $p=0,072$

O aquecimento produzido pelas ondas eletromagnéticas nos frascos rígido e flexível de soro fisiológico de 500 ml e no frasco rígido de 1000 ml foi uniforme. Portanto, não se fez necessária qualquer agitação com vistas à homogeneização, perfil que se manteve com até cinco agitações.

Os demais volumes e embalagens (soro fisiológico em frascos flexíveis de 100 ml, 250 ml e 1000 ml e soro em frasco rígido de 250 ml) necessitaram de ao menos uma agitação (entre 1 e 5) para resolver a diferença da média das temperaturas nos terços e manter a homogeneidade.

Para efeito de aplicação na prática clínica, seria útil estabelecer uma recomendação que fosse a mais simples possível. O estabelecimento de uma a quatro agitações seria recomendável para todos os frascos.

## Discussão

No estudo de Meyer *et al.* (2012) não se especifica exatamente o local de aferição da temperatura da solução fisiológica no interior das bolsas, apenas menciona-se a introdução de um sensor de termômetro digital, após agitação da solução, dificultando comparações. Ainda, não foi especificado o número de agitações utilizados no experimento, dificultando comparações. No referido estudo foi testado soro fisiológico de 500 e 1000 ml e não sendo incluídas embalagem 100 ml. Os autores mencionam a empresa fabricante da solução utilizada no experimento, mas não informam o tipo de embalagem- rígida ou flexível. Verificou-se o catálogo do fabricante e identificou-se a disponibilidade apenas de embalagem rígida para comercialização.

No protocolo de procedimento de segurança para uso de forno micro-ondas de uso doméstico em unidades de saúde recomenda-se mexer vigorosamente o frasco após o aquecimento para homogeneizar a temperatura, mas não se informa as evidências nas quais baseou-se estas recomendações. Além disso, no referido documento, recomenda-se estabelecer uma temperatura basal, a partir da qual se deve ajustar os tempos de aquecimento (BAGATINI; NASCIMENTO, 1997), o que do ponto de vista prático pode ser difícil uma vez que nem sempre se pode controlar a temperatura basal das soluções, ou até mesmo aferi-la na prática clínica, exceto, quando se dispõe sistematicamente, de um termômetro digital.

Os volumes e embalagens flexíveis de soro fisiológico de 100 ml, de 250 ml e de 1000 ml e as embalagens rígidas de 250 necessitaram de ao menos uma agitação (entre 1 e 5) para resolver a diferença da mediana das temperaturas nos terços e manter sua homogeneidade. Exceto os frascos rígidos de solução fisiológica de 100 ml, esses resultados não se mantêm quando se alcançam cinco agitações. Assim, contraindica-se agitação excessiva ou desnecessária.

O aquecimento produzido pelas ondas eletromagnéticas nos frascos rígido e flexível de 500 ml e no frasco rígido de 1000 ml foi uniforme, não sendo necessária qualquer agitação com vistas à homogeneização. Esse perfil foi mantido com até cinco agitações. Para efeito de aplicação na prática clínica, seria útil estabelecer uma recomendação que fosse a mais simples possível. Assim, como recomendação uniforme, sugere-se que se faça de uma a quatro agitações em todos os frascos de soro.

### **5.3 Determinação do tempo em que a temperatura ideal da solução aquecida se mantém no ambiente em uma superfície padrão**

Sabendo que o profissional prepara o material a ser realizado no curativo e depois manuseia o paciente, buscou-se determinar a meia-vida, isto é, o tempo em que os frascos com solução aquecida permanecem viáveis para uso terapêutico e de limpeza de lesão.

#### Método

Tipo de estudo: experimental em laboratório.

Local de estudo: Laboratório de Práticas Fundamentais de Enfermagem da Faculdade de Enfermagem da Universidade Federal de Goiás.

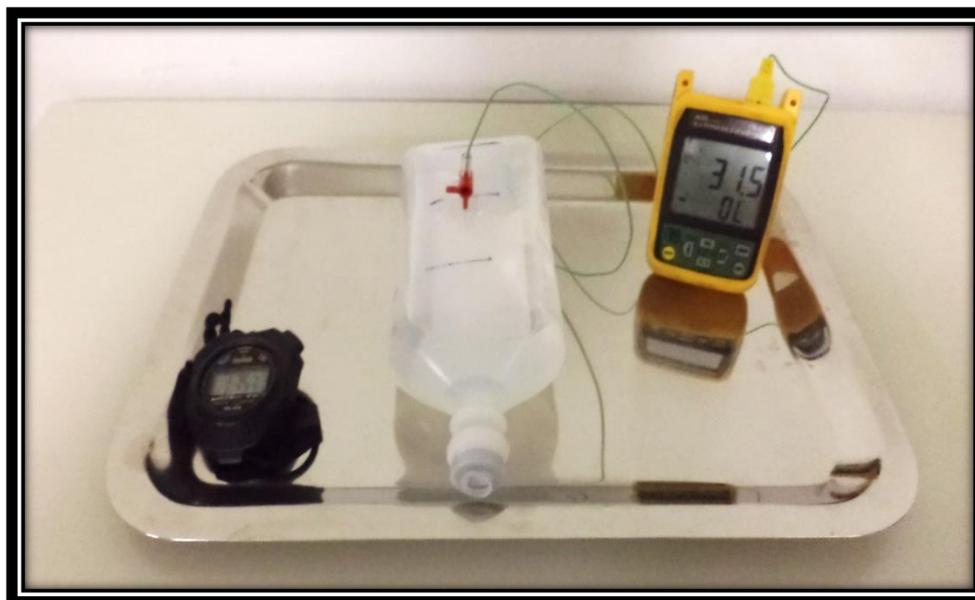
Materiais e equipamentos: um forno micro-ondas adaptado, regulado para a potência máxima de 1000 W, à frequência de 2.450 MHz (LG Electronics), modelo MS3047GA; frascos de solução fisiológica de embalagens rígida e flexível nos volumes 100 ml, 250 ml, 500 ml e 1000 ml; higrômetro (modelo MT- 240); cronômetro; bandeja de inox; termômetro digital (modelo TD 870); estilete e fixador de posicionamento do transdutor de temperatura (*threeway*).

Ensaio: Antes de iniciar o aquecimento das soluções, a temperatura ambiente e a umidade do ar foram monitoradas com o higrômetro, mantido em uma bancada a uma distância de 1 m do forno micro-ondas adaptado. Durante todo o processo de resfriamento, esses itens foram checados e o ar condicionado manteve-se ligado. Antes de cada aquecimento, foi medida a temperatura inicial do soro.

O forno micro-ondas foi ligado e selecionou-se o botão de acordo com o volume do soro a ser aquecido. Após o aquecimento, a solução foi agitada de uma a duas vezes, com objetivo de homogeneizá-la. Em seguida, realizou-se um orifício no frasco no qual foi introduzido um fixador de posicionamento do transdutor de temperatura (*threeway*), que tem por função imobilizar a extremidade do termopar, imerso no centro da solução. O frasco foi então depositado em uma bandeja de inox

na posição horizontal, para que fosse observado o comportamento da temperatura (figura 53)

Figura 53 - Posicionamento do transdutor de temperatura dentro do frasco



Realizou-se a leitura da temperatura do soro em intervalos de 30 segundos. As leituras se encerraram quando as temperaturas alcançaram o mesmo valor da temperatura ambiente, que variou de 24,8 °C a 28 °C. A partir dos dados obtido aplicou se a lei de resfriamento de Newton. Newton definiu que a taxa na qual um corpo quente esfria é proporcional à diferença de temperatura entre a temperatura do objeto quente e a temperatura do seu entorno. Esta relação é expressa pela Equação do Resfriamento de Newton:

$$\frac{dT}{dt} = -k(T - T_a) \qquad (T - T_a) = (T_0 - T_a)e^{-kt}$$

Onde:

$dT$  – Representa a variação de temperatura do objeto durante um intervalo de tempo

$dt$  – Representa intervalo de tempo

$T$  – Temperatura do corpo em um determinado instante

$k$  – Uma constante de proporcionalidade

$T_0$  – Temperatura Inicial

$T_a$  – Temperatura ambiente

$e^1 = 2,71828$  Número de Euler (oiler)

$u[k] = s^{-1}$  Unidade da constante de proporcionalidade da lei do resfriamento

Para encontrar a constante de proporcionalidade  $k$ , que é invariável para qualquer valor referente a curva, teremos que encontrar o valor de  $t$  na tabela de cada experimento (apêndice D).

Calcula - se  $T$  por meio da equação de resfriamento, em seguida identificando o valor de  $T$  no eixo da temperatura e encontrando seu ponto de intersecção no gráfico, logo temos o valor de  $t$  respectivo a esta temperatura.

Considerando a seguinte condição matemática  $t = \frac{1}{k}$  podemos dizer que também  $k$  é inversamente proporcional ao valor de  $t$ ,  $k = \frac{1}{t}$ . Podemos então expressar a equação da temperatura da seguinte forma:

$$T = T_a + \left( \frac{T_0 - T_a}{e^1} \right)$$

Onde:

$dT$  – Representa a variação de temperatura do objeto durante um intervalo de tempo

$dt$  – Representa intervalo de tempo

$T$  – A temperatura do corpo em um determinado instante

$k$  – Uma constante de proporcionalidade

$T_0$  – Temperatura Inicial

$T_a$  – Temperatura ambiente

$e^1 = 2,71828$  Número de Euler (oiler)

$u[k] = s^{-1}$  Unidade da constante de proporcionalidade da lei do resfriamento

O experimento investigou as variações de temperatura da solução fisiológica em processo de resfriamento, baseado no modelo matemático desenvolvido por Newton, em que a temperatura estabiliza quando o sistema atinge o equilíbrio térmico com o meio externo, a temperatura da amostra alcança a temperatura ambiente.

A partir dos dados coletados em laboratório, foram traçados gráficos para o resfriamento do soro fisiológico referentes a cada um dos frascos utilizados. A distribuição dos dados obtidos, desde a temperatura máxima até a temperatura

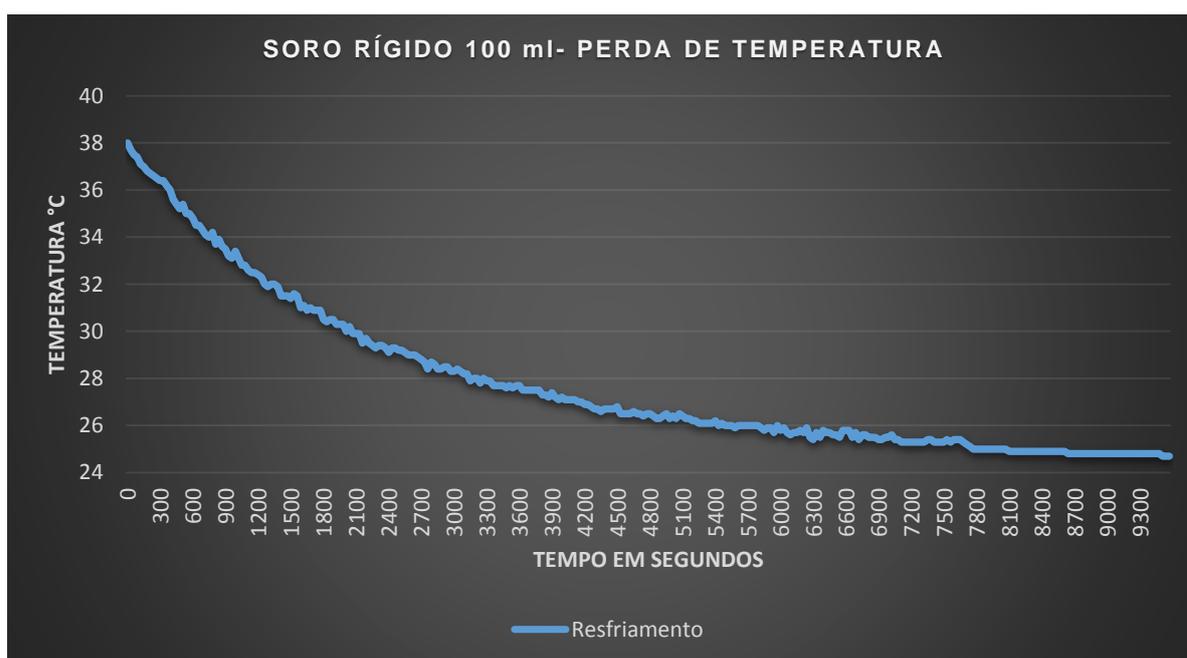
ambiente, mostrando uma curva exponencial decrescente. No entanto, a preocupação maior nesta seção é verificar o tempo utilizável do soro fisiológico, ou seja, qual o tempo em que a solução permanece disponível para uso, até que atinja a temperatura de 37 °C.

Registro de dados: registrou-se cada leitura em um banco de dados digital, elaborado em planilha Excell® em que os dados de tempo e temperatura foram inseridos no *Origin* e em seguida plotados os gráficos do resfriamento.

## Resultado

A partir das leituras da temperatura do soro fisiológico no frasco de 100 ml rígido, identificou-se que a distribuição dos dados em que apresenta uma curva exponencial ao longo do tempo (gráfico 69). O tempo decorrido para resfriamento desse volume da solução fisiológica, nesse tipo de embalagem, com temperatura inicial de 38 °C e nas condições de temperatura e umidade do experimento foi de 2 horas e cinquenta oito minutos.

Gráfico 69 - Resfriamento do soro em frasco rígido de 100 mililitros com temperatura inicial de 38 °C, ao longo de 9300 segundos, à temperatura ambiente de 24,8 °C e umidade do ar de 51%.



Para o prosseguimento da modelagem matemática, aplicou-se a equação do resfriamento da lei de Newton.

Função da curva de resfriamento

Dados Iniciais:  $T_0 = 38^\circ C$  e  $T_a = 24,8^\circ C$

$$T = T_a + \left( \frac{T_0 - T_a}{e^1} \right)$$

$$T = 24,8 + \left[ \frac{38 - 24,8}{e^1} \right] = 29,65^\circ C$$

$$t = 2310s$$

$$k = \frac{1}{2310} \quad k = 43,3 \times 10^{-5} s^{-1}$$

Legenda:

$T_0$  – Temperatura Inicial

$T_a$  – Temperatura Ambiente

$T$  – Temperatura amostra em um determinado instante

$t$  – Tempo

$$e^1 = 2,71828$$

$$u[k] = s^{-1}$$

Equação Geral da Curva

$$T(t) = T_a + (T_0 - T_a).e^{-kt}$$

$$T(t) = 24,8 + (38 - 24,8).e^{-43,3 \times 10^{-5}.t}$$

$$T(t) = 24,8 + 13,2.e^{-43,3 \times 10^{-5}.t}$$

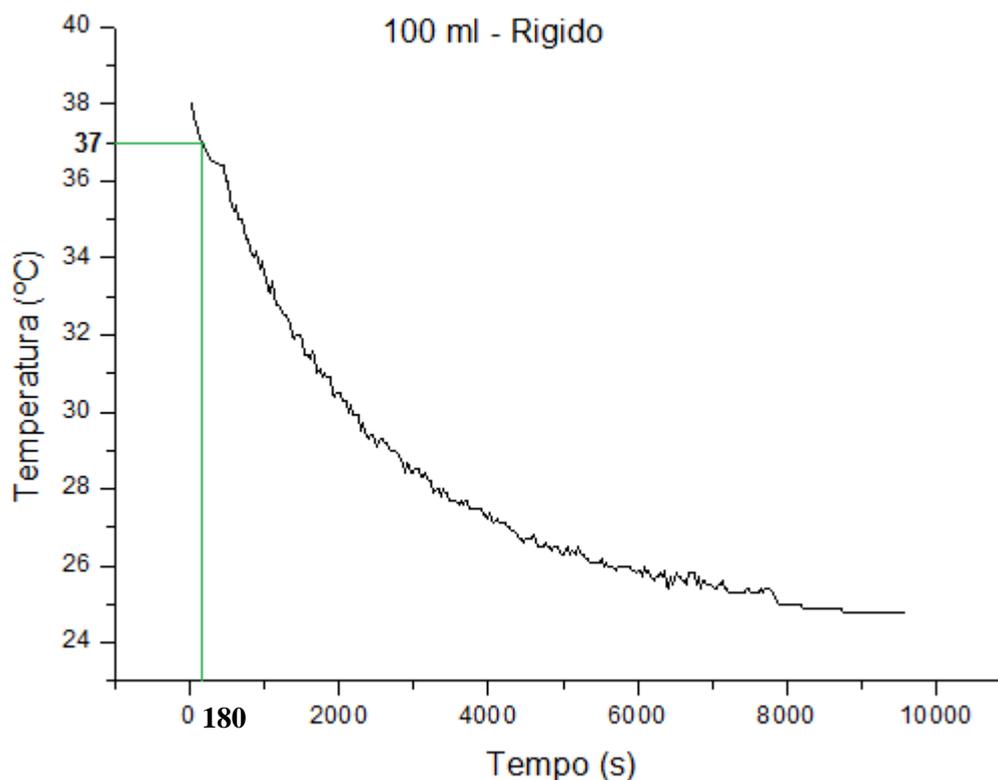
No primeiro minuto de resfriamento, o soro rígido de 100 ml chegou a temperatura de  $37,7^\circ C$ , mantendo-se com pouca variação, e atingindo exatos  $37^\circ C$  no 3º minuto, como mostra a tabela 12.

Tabela 12 - Resfriamento do soro rígido de 100 mililitros com temperatura inicial de  $38^\circ C$ , ao longo de 15 minutos de exposição a temperatura ambiente de  $24,8^\circ C$  e umidade do ar de 51 %.

TEMPO (S)	TEMPERATURA ( $^\circ C$ )	TEMPO (S)	TEMPERATURA ( $^\circ C$ )	TEMPO (S)	TEMPERATURA ( $^\circ C$ )
30	38	330	36,4	630	34,8
60	37,7	360	36,4	660	34,5
90	37,5	390	36,2	690	34,5
120	37,4	420	36	720	34,3
150	37,1	450	35,6	750	34,1
180	37	480	35,4	780	34
210	36,8	510	35,2	810	34,2
240	36,7	540	35,4	840	33,7
270	36,6	570	35	870	33,9
300	36,5	600	35	900	33,6

Para análise e melhor visualização dos resultados, utilizou-se a apresentação em gráfico (gráfico 70), com a curva do resfriamento do soro em frasco rígido de 100 ml, e pontos de intersecção das retas, á exatos 37 °C.

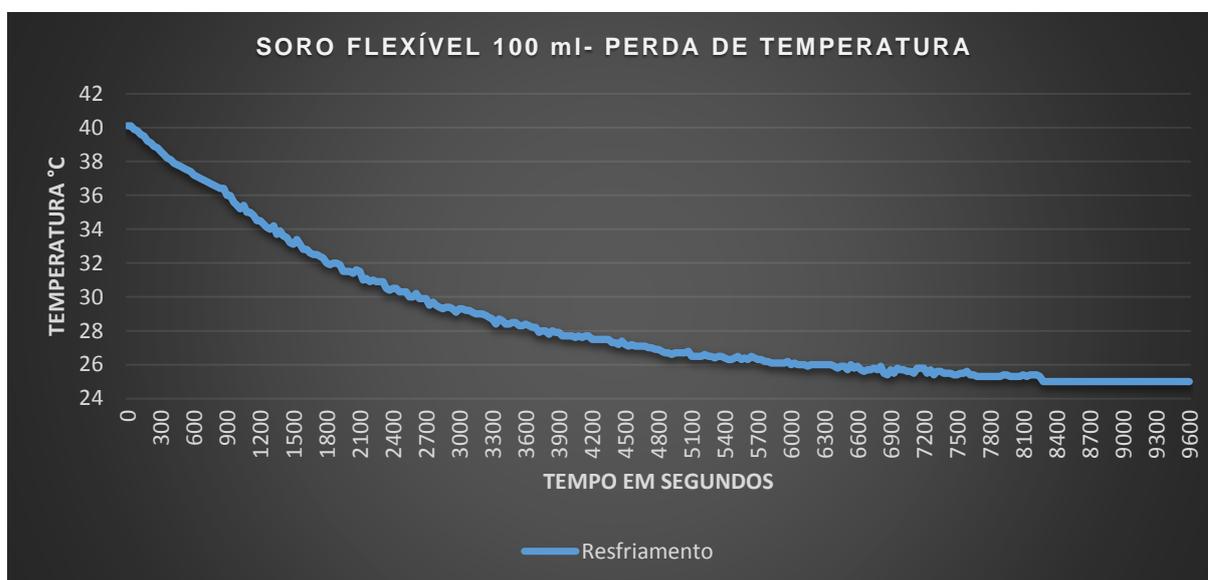
Gráfico 70 - Resfriamento do soro em frasco rígido de 100 mililitros com temperatura inicial de 38 °C, ao logo de 9300 segundos à temperatura ambiente de 28,4°C e umidade do ar de 51%.



Fazendo uma análise tendo como referência a curva de 100 ml de embalagem rígida e observado claramente que a temperatura de 37 °C foi atingida no tempo de 180 segundo (3 minutos).

O tempo decorrido para resfriamento da solução fisiológica em frasco flexível de 100 ml com temperatura inicial de 40,1 °C nas condições de temperatura e umidade do experimento foi de 3 horas, como pode ser visto no gráfico 71. Conforme apresentado, a partir das leituras da temperatura do soro, identificou-se que a distribuição dos dados apresenta uma curva exponencial ao longo do tempo.

Gráfico 71 - Resfriamento do soro em frasco flexível de 100 mililitros com temperatura inicial de 40,1 °C, ao longo de 9600 segundos à temperatura ambiente de 24,8 °C e umidade do ar de 50%.



Função da curva de resfriamento

Dados Iniciais:  $T_0 = 40,1^\circ C$  e  $T_a = 24,8^\circ C$

Calculo para encontrar  $k$ .

$$T = T_a + \left( \frac{T_0 - T_a}{e^1} \right)$$

$$T = 24,8 + \left[ \frac{40,1 - 24,8}{e^1} \right] = 30,43^\circ C$$

$$t = 2370s$$

$$k = \frac{1}{2370}$$

$$k = 43,2 \times 10^{-5} s^{-1}$$

Legenda:

$T_0$  – Temperatura Inicial

$T_a$  – Temperatura Ambiente

$T$  – Temperatura amostra em um determinado instante

$t$  – Tempo

$$e^1 = 2,71828$$

$$e^1 = 2,71828$$

Equação Geral da Curva

$$T(t) = T_a + (T_0 - T_a) \cdot e^{-kt}$$

$$T(t) = 24,8 + (40,1 - 24,8) \cdot e^{-43,2 \times 10^{-5} \cdot t}$$

$$T(t) = 24,8 + 15,3 \cdot e^{-43,2 \times 10^{-5} \cdot t}$$

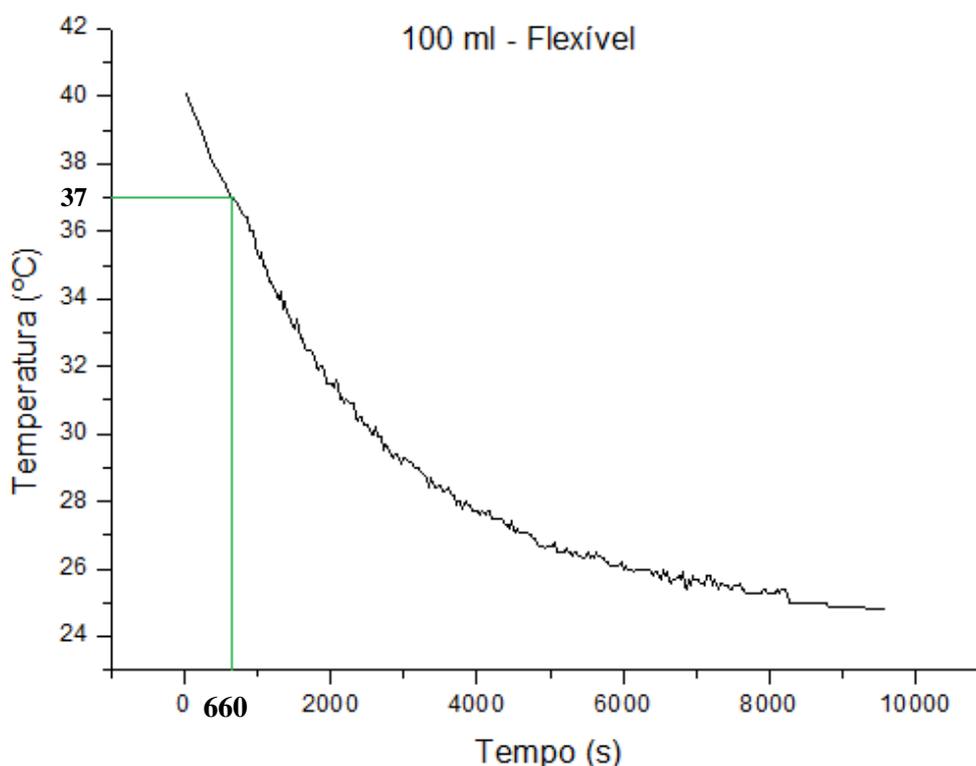
O resfriamento do soro flexível iniciou-se em 40,1 °C, e nos primeiros 7 minutos, o soro flexível de 100 ml chegou a temperatura de 37,9 °C, atingindo exatos 37°C no 11° minuto, como mostra a tabela 13.

Tabela 13 - Resfriamento do soro flexível de 100 mililitros com temperatura inicial de 40,1 °C, ao longo de 15 minutos de exposição a temperatura ambiente de 24,8 °C e umidade do ar de 50%.

TEMPO (S)	TEMPERATURA (°C)	TEMPO (S)	TEMPERATURA (°C)	TEMPO (S)	TEMPERATURA (°C)
30	40,1	330	38,4	630	37,1
60	39,9	360	38,2	660	37
90	39,8	390	38,1	690	36,9
120	39,6	420	37,9	720	36,8
150	39,5	450	37,8	750	36,7
180	39,2	480	37,7	780	36,6
210	39,1	510	37,6	810	36,5
240	38,9	540	37,5	840	36,4
270	38,8	570	37,4	870	36,4
300	38,6	600	37,2	900	36

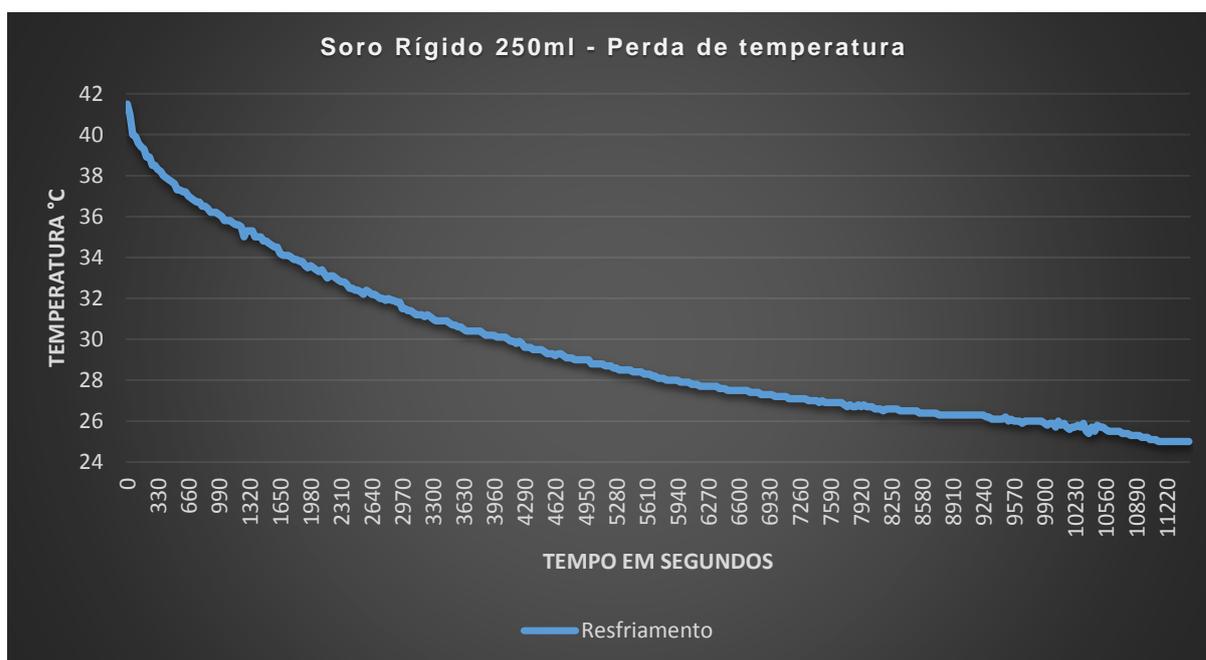
Para análise e melhor visualização dos resultados, utilizou-se a apresentação em gráfico (gráfico 72), com a curva do resfriamento do soro em frasco flexível de 100 ml, e pontos de intersecção das retas, a exatos 37 °C, onde se verifica que a solução alcançou esse patamar em 11 minutos.

Gráfico 72 - Resfriamento do soro em frasco flexível de 100 mililitros com temperatura inicial de 40,1°C, temperatura ambiente de 24,8 °C e umidade do ar de 50%.



A partir das leituras da temperatura do soro fisiológico no frasco de 250 ml rígido, identificou-se que a distribuição dos dados apresenta curva exponencial ao longo do tempo (gráfico 73). O tempo decorrido para resfriamento desse volume de solução fisiológica, nesse tipo de embalagem, com temperatura inicial de 41,5 °C, nas condições de temperatura e umidade do experimento foi de 3 horas.

Gráfico 73 - Resfriamento do soro em frasco rígido de 250 mililitros com temperatura inicial de 41,5 °C ao longo de 11160 segundos à temperatura ambiente de 25,5 °C e umidade do ar de 43%.



Função da curva de resfriamento

Dados Iniciais:  $T_0 = 41,5^\circ\text{C}$  e  $T_a = 25,5^\circ\text{C}$

Cálculo para encontrar  $k$ .

$$T = T_a + \left( \frac{T_0 - T_a}{e^k} \right)$$

$$T = 25,5 + \left[ \frac{41,5 - 25,5}{e^k} \right] = 31,38^\circ\text{C}$$

$$t = 3060\text{s}$$

$$k = \frac{1}{3060}$$

$$k = 32,70 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$$

Legenda:

$T_0$  – Temperatura Inicial

$T_a$  – Temperatura Ambiente

$T$  – Temperatura amostra em um determinado instante

$t$  – Tempo

$$e^k = 2,71828$$

$$e^k = 2,71828$$

## Equação Geral da Curva

$$T(t) = T_a + (T_0 - T_a).e^{-kt}$$

$$T(t) = 25,5 + (41,5 - 25,5).e^{-(32,70.10^{-5}).t}$$

$$T(t) = 25,5 + 16.e^{-(32,70.10^{-5}).t}$$

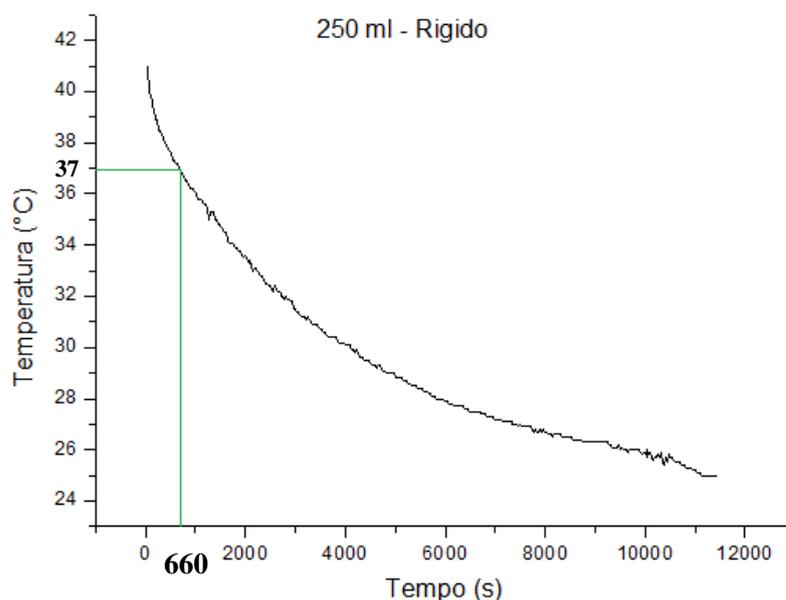
Partindo do aquecimento a 41,5 °C, o soro de 250 ml em embalagem rígida levou 11 minutos para atingir 37 °C, como mostra a tabela 14.

Tabela 14 - Resfriamento do soro rígido de 250 mililitros com temperatura inicial de 41,5 °C, ao longo de 15 minutos de exposição a temperatura ambiente de 25,5 °C e umidade do ar de 43%.

TEMPO (S)	TEMPERATURA (°C)	TEMPO (S)	TEMPERATURA (°C)	TEMPO (S)	TEMPERATURA (°C)
30	41,5	330	38,3	630	37,2
60	41	360	38,2	660	37
90	40	390	38	690	36,9
120	39,9	420	37,9	720	36,8
150	39,6	450	37,8	750	36,7
180	39,4	480	37,7	780	36,7
210	39,3	510	37,6	810	36,5
240	38,9	540	37,3	840	36,5
270	38,9	570	37,3	870	36,4
300	38,5	600	37,2	900	36,2

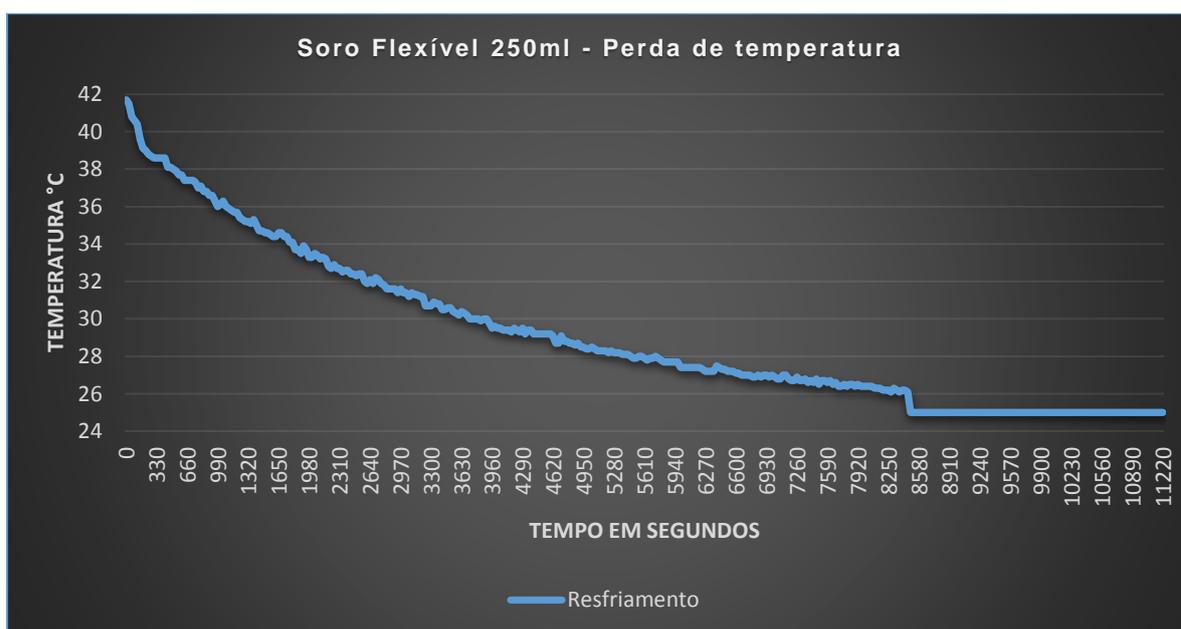
Para análise e visualização os resultados, utilizou-se a apresentação em gráfico (gráfico 74), com a curva do resfriamento do soro em frasco rígido de 250 ml, e pontos de intersecção das retas, a exatos 37 °C.

Gráfico 74 - Resfriamento do soro em frasco rígido de 250 mililitros com temperatura inicial de 41,5 °C, temperatura ambiente de 25,5 °C e umidade do ar de 43%.



O tempo decorrido para resfriamento da solução fisiológica de 250 ml em frasco flexível com temperatura inicial de 41,7 °C, nas condições de temperatura e umidade do experimento foi de 3 horas e 11 minutos, como pode ser visto no gráfico 75.

Gráfico 75 - Resfriamento do soro em frasco flexível de 250 mililitros com temperatura inicial de 41,7 °C, ao longo de 11220 segundos à temperatura ambiente de 25,5 °C e umidade do ar de 42%.



Função da curva de resfriamento

Dados Iniciais:  $T_0 = 41,7^\circ\text{C}$  e  $T_a = 25,5^\circ\text{C}$

Calculo para encontrar  $k$ .

$$T = T_a + \left( \frac{T_0 - T_a}{e^1} \right)$$

$$T = 25,5 + \left[ \frac{41,7 - 25,5}{e^1} \right] = 31,46^\circ\text{C}$$

$$t = 2820\text{s}$$

$$k = \frac{1}{2820}$$

$$k = 35,46 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$$

Legenda:

$T_0$  – Temperatura Inicial

$T_a$  – Temperatura Ambiente

$T$  – Temperatura amostra em um determinado instante

$t_a$  – tempo

$$e^1 = 2,71828$$

$$e^1 = 2,71828$$

Equação Geral da Curva

$$T(t) = T_a + (T_0 - T_a) \cdot e^{-kt}$$

$$T(t) = 25,5 + (41,7 - 25,5) \cdot e^{-(35,46 \cdot 10^{-5}) \cdot t}$$

$$T(t) = 25,5 + 16,2 \cdot e^{-(35,46 \cdot 10^{-5}) \cdot t}$$

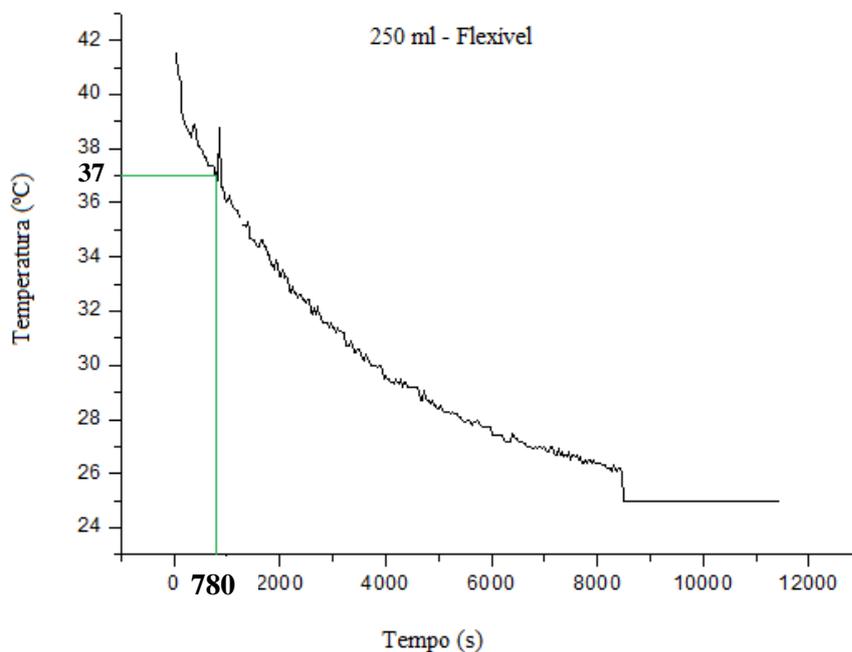
Nos primeiros 9 minutos de resfriamento, o soro flexível de 250 ml chegou a temperatura de  $37,9^\circ\text{C}$ , atingindo exatos  $37^\circ\text{C}$  apenas aos 13º minuto, como mostra a tabela 15.

Tabela 15 - Resfriamento do soro flexível de 250 mililitros com temperatura inicial de  $41,7^\circ\text{C}$ , ao longo de 15 minutos de exposição a temperatura ambiente de  $25,5^\circ\text{C}$  e umidade do ar de 42%.

TEMPO (S)	TEMPERATURA ( $^\circ\text{C}$ )	TEMPO (S)	TEMPERATURA ( $^\circ\text{C}$ )	TEMPO (S)	TEMPERATURA ( $^\circ\text{C}$ )
30	41,7	330	38,6	630	37,4
60	41,5	360	38,6	660	37,4
90	40,8	390	38,6	690	37,4
120	40,6	420	38,6	720	37,4
150	40,4	450	38,1	750	37,3
180	39,6	480	38,1	780	37
210	39,1	510	38	810	37,1
240	39	540	37,9	840	36,8
270	38,8	570	37,7	870	36,8
300	38,7	600	37,7	900	36,6

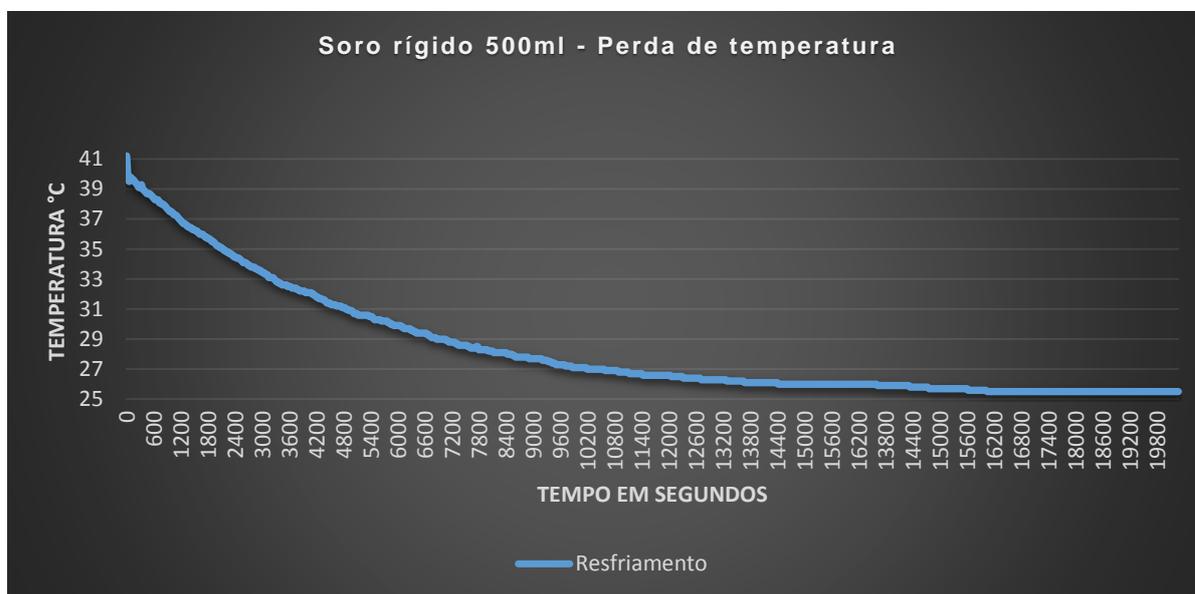
Para análise e melhor visualização dos resultados, utilizou-se a apresentação em gráfico (gráfico 76), com a curva do resfriamento do soro em frasco flexível de 250 ml, e pontos de intersecção das retas, a  $37^\circ\text{C}$ , onde se observa que o tempo decorrido para alcance dessa temperatura foi 13 minutos.

Gráfico 76 - Resfriamento do soro em frasco flexível de 250 mililitros com temperatura inicial de 41,7 °C, temperatura ambiente de 25 °C e umidade do ar de 42%.



A partir das leituras da temperatura do soro fisiológico no frasco rígido de 500 ml, identificou-se que a distribuição dos dados apresenta curva exponencial ao longo do tempo (gráfico 77). O tempo decorrido para resfriamento do volume dessa solução fisiológica, nesse tipo de embalagem, com temperatura inicial de 41,2 °C, nas condições de temperatura e umidade do experimento foi de 5 horas e 45 minutos, como pode ser visto no gráfico 77.

Gráfico 77 - Resfriamento do soro em frasco rígido de 500 mililitros com temperatura inicial de 41,2 °C, ao longo de 19800 minutos à temperatura ambiente de 25,5 °C e umidade do ar de 43%.



Função da curva de resfriamento

Dados Iniciais:  $T_0 = 41,2^\circ\text{C}$  e  $T_a = 25,5^\circ\text{C}$

Calculo para encontrar K.

$$T = T_a + \left( \frac{T_0 - T_a}{e^1} \right)$$

$$T = 25,5 + \left[ \frac{41,2 - 25,5}{e^1} \right] = 30,77^\circ\text{C}$$

$$t = 4920\text{s}$$

$$k = \frac{1}{4920}$$

$$k = 20,32 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$$

Equação Geral da Curva

$$T(t) = T_a + (T_0 - T_a) \cdot e^{-kt}$$

$$T(t) = 25,5 + (41,2 - 25,5) \cdot e^{-(20,32 \cdot 10^{-5}) \cdot t}$$

$$T(t) = 25,5 + 15,7 \cdot e^{-(20,32 \cdot 10^{-5}) \cdot t}$$

Legenda:

$T_0$  – Temperatura Inicial

$T_a$  – Temperatura Ambiente

$T$  – Temperatura amostra em um determinado instante

$t$  – Tempo

$$e^1 = 2,71828$$

$$e^1 = 2,71828$$

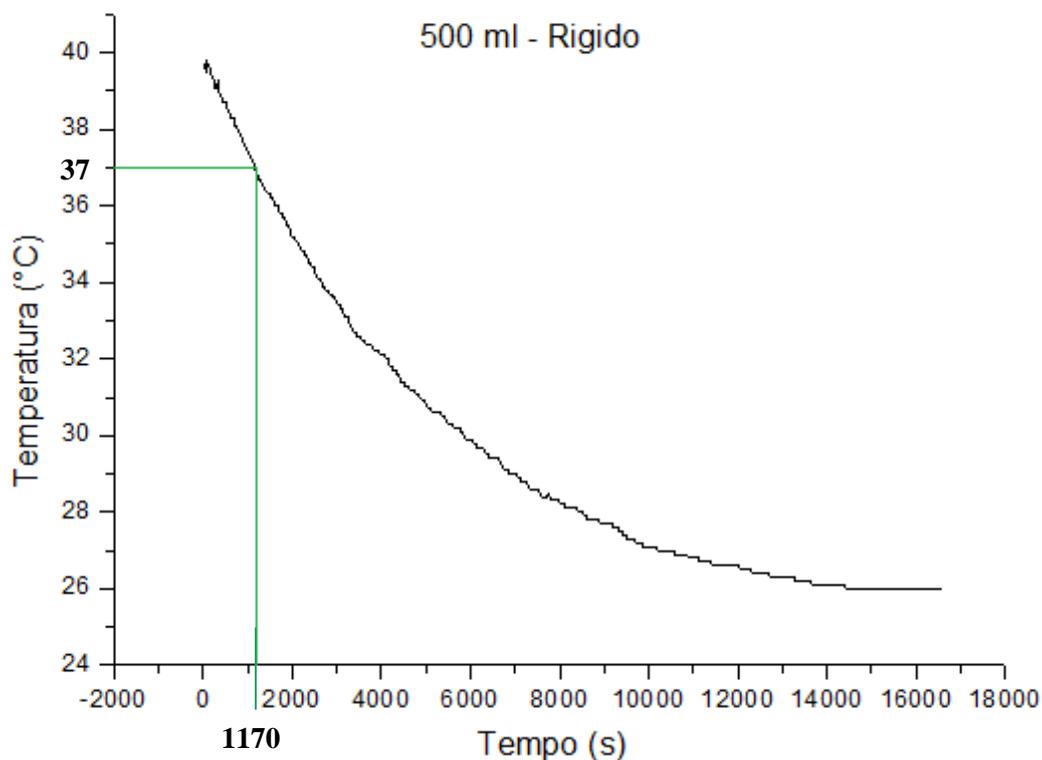
O soro rígido de 500 ml aquecido a temperatura de 41,2°C atingiu 37 °C com 19 minutos e 30 segundos, como mostra a tabela 16.

Tabela 16 - Resfriamento do soro rígido de 500 mililitros com temperatura inicial de 41,2 °C, ao longo de 15 minutos de exposição a temperatura ambiente de 25,5 °C e umidade do ar de 43 %.

TEMPO (S)	TEMPERATURA (°C)	TEMPO (S)	TEMPERATURA (°C)	TEMPO (S)	TEMPERATURA (°C)
30	41,2	630	38,3	1200	36,9
60	39,7	660	38,3	1230	36,8
90	39,5	690	38,3	1260	36,7
120	39,8	720	38,1	1290	36,7
150	39,7	750	38,1	1320	36,6
180	39,6	780	38	1350	36,5
210	39,5	810	38	1380	36,5
240	39,4	840	37,9	1410	36,4
270	39,3	870	37,8	1440	36,4
300	39,1	900	37,7	1470	36,3
330	39,3	930	37,6	1500	36,3
360	39	960	37,5	1530	36,2
390	38,9	990	37,5	1560	36,2
420	38,8	1020	37,4	1590	36,1
450	38,7	1050	37,3	1620	36
480	38,7	1080	37,3	1650	36
510	38,7	1110	37,2	1680	36
540	38,6	1140	37,1	1710	35,9
570	38,5	1170	37,0	1740	35,8
600	38,4	1200	36,9	1770	35,8

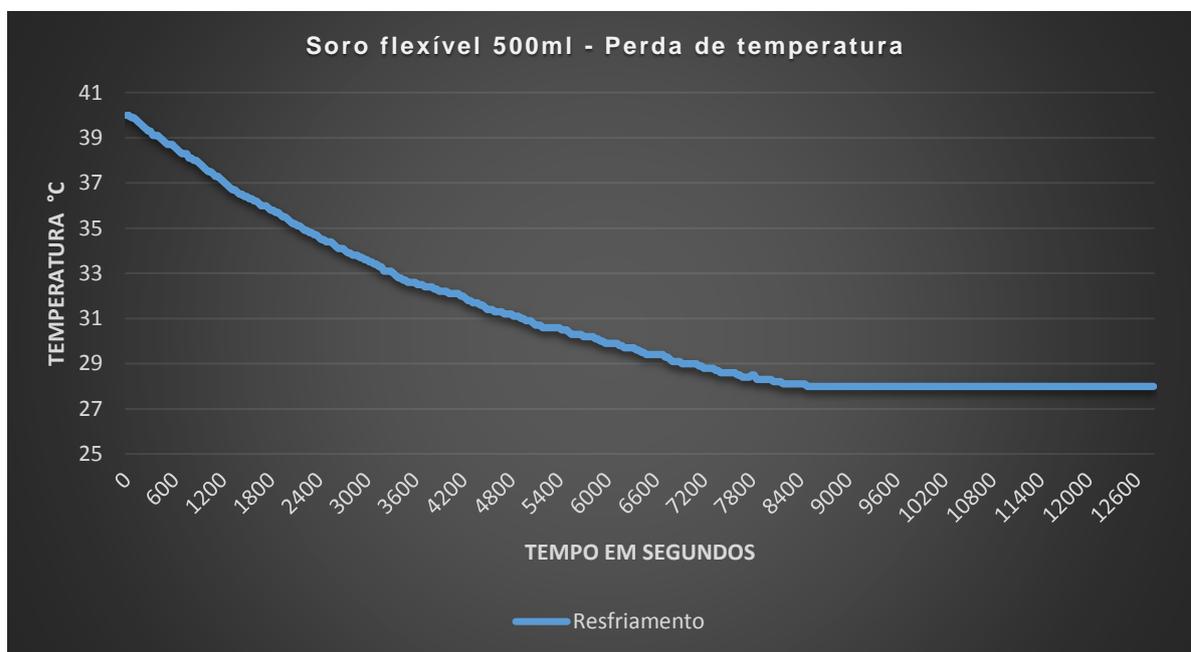
Para análise e melhor visualização dos resultados, utilizou-se a apresentação em gráfico (gráfico 78), com a curva do resfriamento do soro em frasco rígido de 500 ml, e pontos de intersecção das retas, a 37 °C.

Gráfico 78 - Resfriamento do soro em frasco rígido de 500 mililitros com temperatura inicial de 41,2 °C, temperatura ambiente de 25,5 °C e umidade do ar de 43 %.



O tempo decorrido para resfriamento da solução fisiológica em frasco flexível de 500 ml, com temperatura inicial de 40 °C, nas condições de temperatura e umidade do experimento foi de 3 horas e 46 minutos, como pode ser visto no gráfico 79. A partir das leituras da temperatura do soro, identificou-se que a distribuição dos dados apresenta curva exponencial ao longo do tempo, como apresentado a seguir.

Gráfico 79 - Resfriamento do soro em frasco flexível de 500 mililitros com temperatura inicial de 40 °C, ao longo de 12600 segundos à temperatura ambiente de 28 °C e umidade do ar de 39%.



Função da curva de resfriamento

Dados Iniciais  $T_0 = 40,0^\circ\text{C}$  e  $T_a = 28^\circ\text{C}$

$$T = T_a + \left( \frac{T_0 - T_a}{e^1} \right)$$

$$T = 28 + \left[ \frac{40,0 - 28}{e^1} \right] = 32,41^\circ\text{C}$$

$$t = 3720\text{s}$$

$$k = \frac{1}{3720}$$

$$k = 26,88 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$$

Legenda:

$T_0$  – Temperatura Inicial

$T_a$  – Temperatura Ambiente

$T$  – Temperatura amostra em um determinado instante

$t$  – Tempo

$$e^1 = 2,71828$$

$$e^1 = 2,71828$$

Equação Geral da Curva

$$T(t) = T_a + (T_0 - T_a) \cdot e^{-kt}$$

$$T(t) = 28 + (40 - 28) \cdot e^{-26,88 \times 10^{-5} \cdot t}$$

$$T(t) = 28 + 12 \cdot e^{-26,88 \times 10^{-5} \cdot t}$$

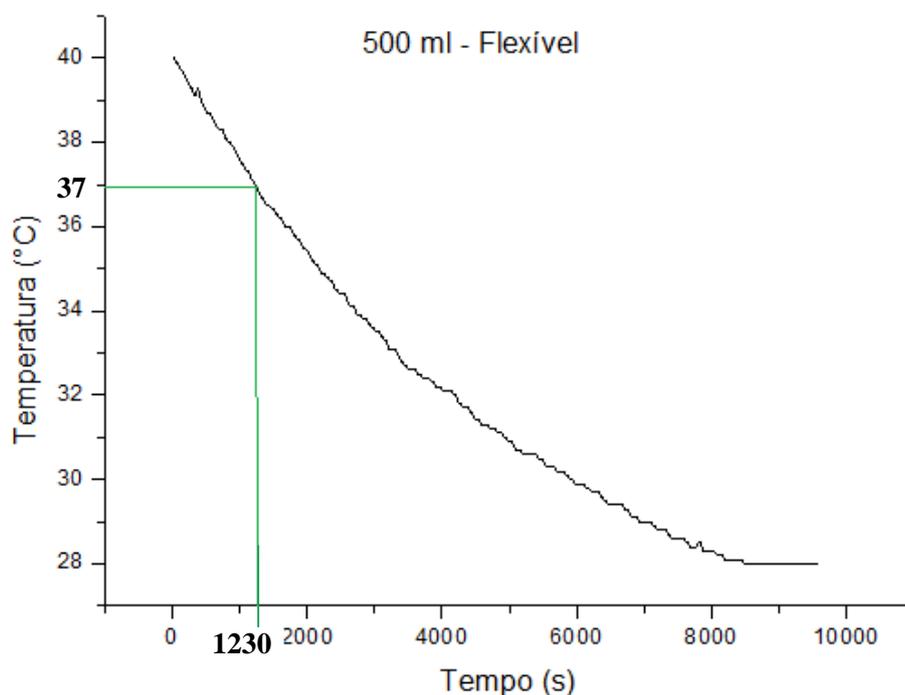
O resfriamento do soro flexível aquecido a 40 °C, atingiu 37 °C em 20 minutos e 30 segundos, como mostra a tabela 17.

Tabela 17 - Resfriamento do soro flexível de 500 mililitros com temperatura inicial de 40 °C, ao longo de 15 minutos de exposição a temperatura ambiente de 28 °C e umidade do ar de 39 %.

TEMPO (S)	TEMPERATURA (°C)	TEMPO (S)	TEMPERATURA (°C)	TEMPO (S)	TEMPERATURA (°C)
30	40	630	38,5	1230	37
60	40	660	38,4	1260	36,9
90	39,9	690	38,3	1290	36,8
120	39,9	720	38,3	1320	36,7
150	39,8	750	38,3	1350	36,7
180	39,7	780	38,1	1380	36,6
210	39,6	810	38,1	1410	36,5
240	39,5	840	38	1440	36,5
270	39,4	870	38	1470	36,4
300	39,3	900	37,9	1500	36,4
330	39,1	930	37,8	1530	36,3
360	39,1	960	37,7	1560	36,3
390	39,1	990	37,6	1590	36,2
420	39	1020	37,5	1620	36,2
450	38,9	1050	37,5	1650	36,1
480	38,8	1080	37,4	1680	36
510	38,7	1110	37,3	1710	36
540	38,7	1140	37,3	1740	36
570	38,7	1170	37,2	1770	35,9
600	38,6	1200	37,1	1800	35,8

Para análise e visualização os resultados, utilizou-se a apresentação em gráfico (gráfico 80), com a curva do resfriamento do soro em frasco flexível de 500 ml, e pontos de intersecção das retas, a 37 °C.

Gráfico 80 - Resfriamento do soro em frasco flexível de 500 mililitros com temperatura inicial de 40 °C, temperatura ambiente de 28 °C e umidade do ar de 39 %.



A partir das leituras da temperatura do soro fisiológico no frasco de 1000 ml rígido, identificou-se que a distribuição dos dados apresenta curva exponencial ao longo do tempo (gráfico 81). O tempo decorrido para resfriamento desse volume de solução, nesse tipo de embalagem, com temperatura inicial de 41,1 °C, nas condições de temperatura e umidade do experimento foi de 8 horas e vinte minutos como pode ser visto no gráfico 81.



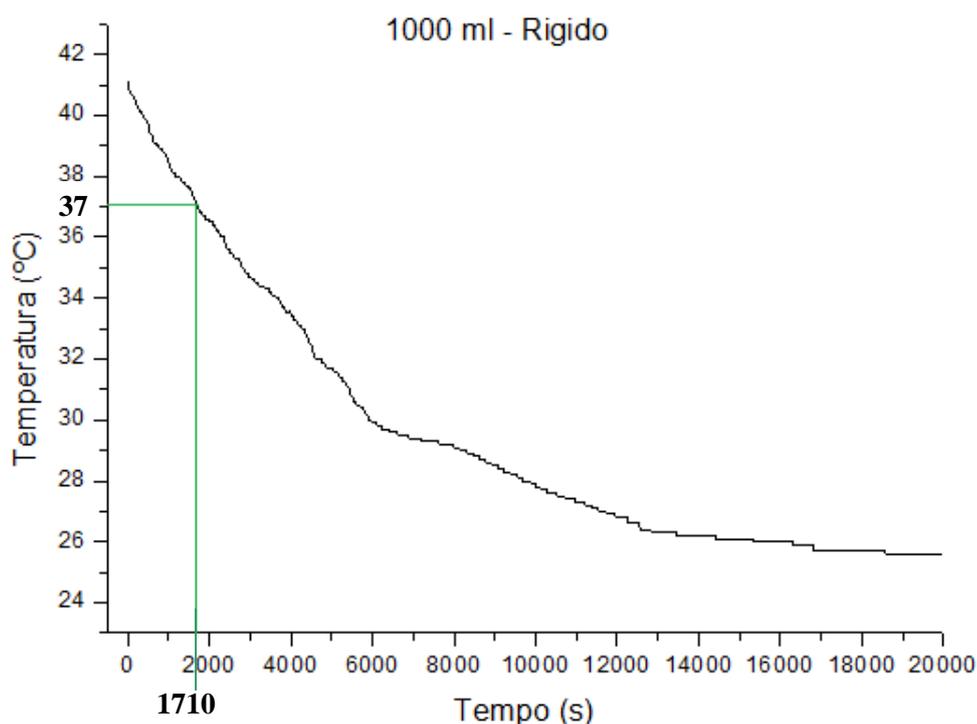
O soro rígido de 1000 ml aquecido a 41,1 °C, e nos primeiros 21 minutos e 30 segundos chegou a temperatura de 37,9 °C, atingiu 37 °C em 28 minutos e 30 segundos, como mostra a tabela 18.

Tabela 18 - Resfriamento do soro rígido de 1000 mililitros com temperatura inicial de 41,1°C, ao longo de 15 minutos de exposição a temperatura ambiente de 25,1 °C e umidade do ar de 42 %.

TEMPO (S)	TEMPERATURA (°C)	TEMPO (S)	TEMPERATURA (°C)	TEMPO (S)	TEMPERATURA (°C)
30	41,1	630	39,2	1230	38
60	40,9	660	39,1	1260	38
90	40,8	690	39,1	1290	37,9
120	40,7	720	39	1320	37,9
150	40,7	750	39	1350	37,8
180	40,6	780	38,9	1380	37,8
210	40,5	810	38,9	1410	37,8
240	40,4	840	38,9	1440	37,7
270	40,3	870	38,8	1470	37,7
300	40,2	900	38,8	1500	37,6
330	40,1	930	38,7	1530	37,6
360	40	960	38,6	1560	37,5
390	40	990	38,5	1590	37,4
420	40	1020	38,4	1620	37,3
450	39,9	1050	38,3	1650	37,2
480	39,9	1080	38,2	1680	37,1
510	39,8	1110	38,1	1710	37
540	39,7	1140	38,1	1740	36,9
570	39,5	1170	38	1770	36,8
600	39,4	1200	38	1800	36,8

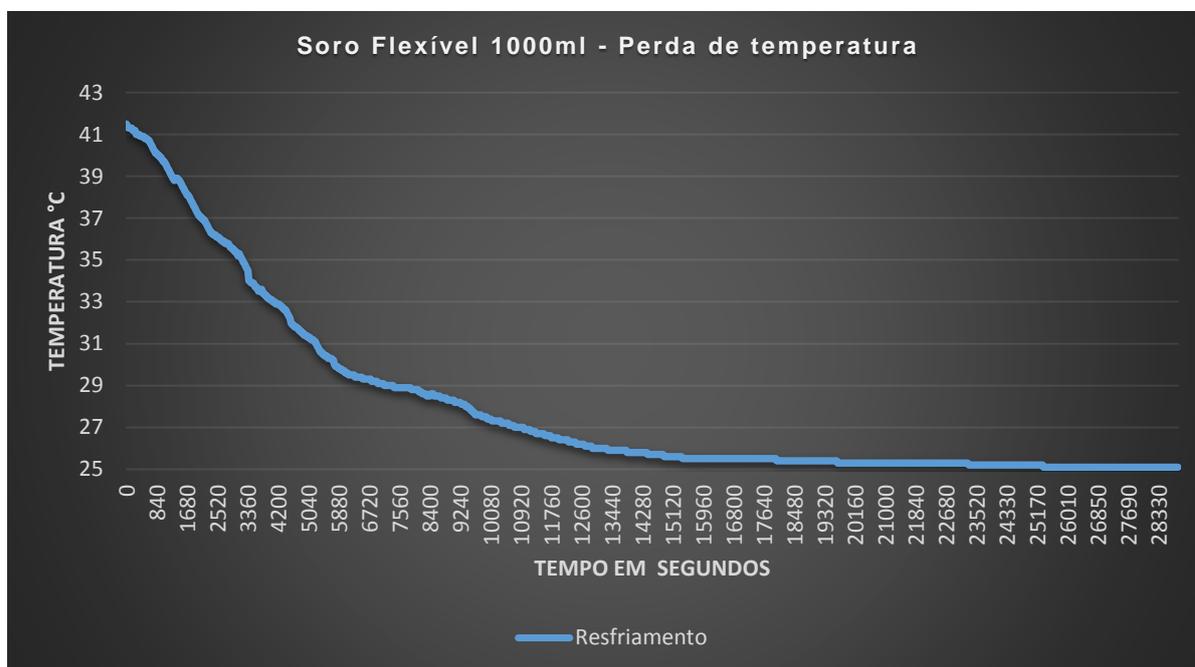
Para análise e melhor visualização dos resultados, utilizou-se a apresentação em gráfico (gráfico 82), com a curva do resfriamento do soro em frasco rígido de 1000 ml, e pontos de intersecção das retas, a 37 °C.

Gráfico 82 - Resfriamento do soro em frasco rígido de 1000 mililitros com temperatura inicial de 41,1 °C, temperatura ambiente de 25,1 °C e umidade do ar de 42 %



O tempo decorrido para resfriamento da solução fisiológica em frasco flexível de 1000 ml com temperatura inicial de 41,5 °C, nas condições de temperatura e umidade do experimento, foi de 8 horas e quarenta cinco minutos, como pode ser visto no gráfico 83. Conforme mostra o gráfico, a partir das leituras da temperatura do soro, identificou-se que a distribuição dos dados apresenta curva exponencial ao longo do tempo.

Gráfico 83 - Resfriamento do soro em frasco flexível de 1000 mililitros com temperatura inicial de 41,5 °C, ao longo de 28330 segundos à temperatura ambiente de 25,1 °C e umidade do ar de 40%.



Função da curva de resfriamento

Dados Iniciais:  $T_0 = 41,5^\circ\text{C}$  e  $T_a = 25,1^\circ\text{C}$

Cálculo para encontrar  $k$ .

$$T = T_a + \left( \frac{T_0 - T_a}{e^1} \right)$$

$$T = 25,1 + \left[ \frac{41,5 - 25,1}{e^1} \right] = 31,13^\circ\text{C}$$

$$t = 5190\text{s}$$

$$k = \frac{1}{5190} \quad k = 19,27 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$$

Equação Geral da Curva

$$T(t) = T_a + (T_0 - T_a) \cdot e^{-kt}$$

$$T(t) = 25,1 + (41,5 - 25,1) \cdot e^{-(19,27 \cdot 10^{-5}) \cdot t}$$

$$T(t) = 25,1 + 16,4 \cdot e^{-(19,27 \cdot 10^{-5}) \cdot t}$$

Legenda:

$T_0$  – Temperatura Inicial

$T_a$  – Temperatura Ambiente

$T$  – Temperatura amostra em um determinado instante

$t$  – tempo

$$e^1 = 2,71828$$

$$u[k] = \text{s}^{-1}$$

$dT$

$dt$

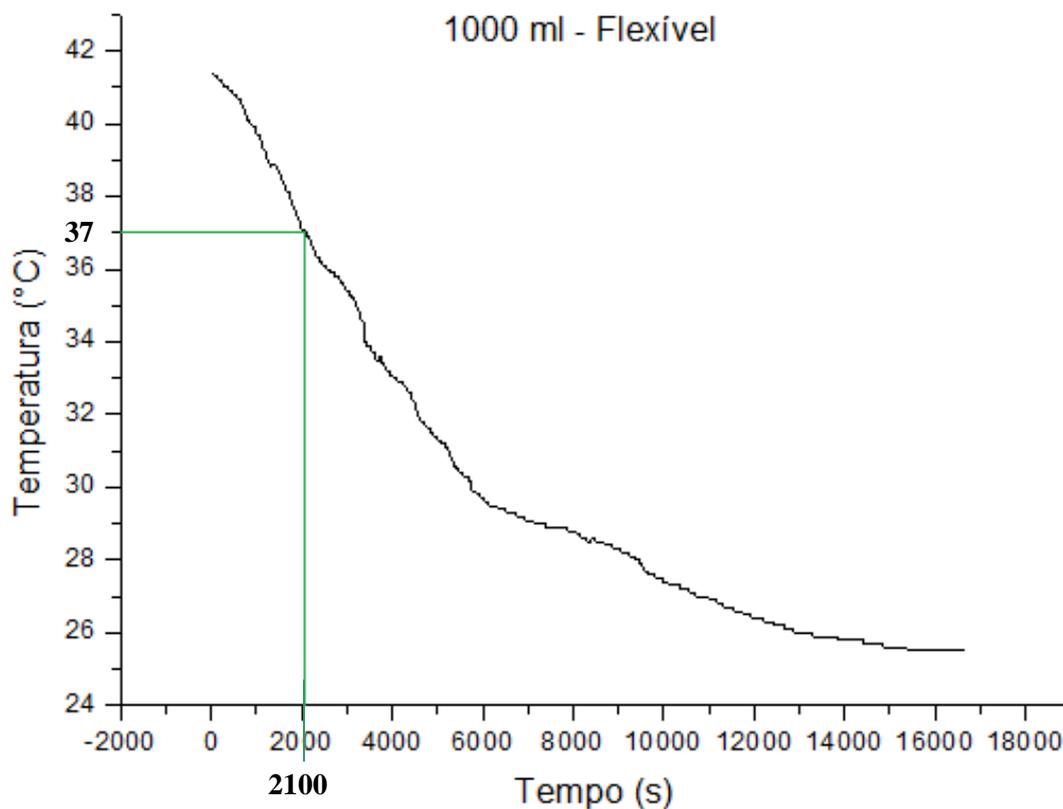
O soro flexível de 1000 ml aquecido a 41,5 °C levou 34 minutos e 30 segundos para alcançar 37°C, como mostra a tabela 19.

Tabela 19 - Resfriamento do soro flexível de 1000 mililitros com temperatura inicial de 41,5°C, ao longo de 15 minutos de exposição a temperatura ambiente de 25,1 °C e umidade do ar de 40 %.

TEMPO (S)	TEMPERATURA (°C)	TEMPO (S)	TEMPERATURA (°C)	TEMPO (S)	TEMPERATURA (°C)
30	41,5	780	40,2	1530	38,7
60	41,4	810	40,1	1560	38,6
90	41,3	840	40,1	1590	38,5
120	41,3	870	40	1620	38,4
150	41,3	900	40	1650	38,3
180	41,3	930	39,9	1680	38,2
210	41,2	960	39,9	1710	38,1
240	41,2	990	39,8	1740	38,1
270	41,2	1020	39,7	1770	38
300	41	1050	39,7	1800	37,9
330	41	1080	39,6	1830	37,7
360	41	1110	39,5	1860	37,6
390	41	1140	39,4	1890	37,5
420	40,9	1170	39,3	1920	37,4
450	40,9	1200	39,2	1950	37,3
480	40,9	1230	39,2	1980	37,2
510	40,9	1260	39,1	2010	37,1
540	40,8	1290	39	2040	37,1
570	40,8	1320	38,9	2070	37
600	40,8	1350	38,8	2100	37
630	40,6	1380	38,9	2130	36,9
660	40,6	1410	38,9	2160	36,9
690	40,5	1440	38,9	2190	36,8
720	40,4	1470	38,8	2220	36,7
750	40,3	1500	38,8	2250	36,6

Para análise e melhor visualização dos resultados, utilizou-se a apresentação em gráfico (gráfico 84), com a curva do resfriamento do soro em frasco flexível de 1000 ml, e pontos de intersecção das retas, a 37 °C.

Gráfico 84 - Resfriamento do soro em frasco flexível de 1000 mililitros com temperatura inicial de 41,5 °C, temperatura ambiente de 25,1 °C e umidade do ar de 40 %.



A tabela 20 mostra a distribuição dos frascos de soro segundo o tipo de invólucro, volume e tempo decorrido até o resfriamento à temperatura aproximada de 37 °C, no ambiente com temperatura de 24,8 °C a 28 °C e umidade relativa do ar de 39% a 51%. Nessas condições, o tipo de embalagem e volume foram determinantes na troca/transferência de calor/perda de calor para o meio.

Tabela 20 - Distribuição dos frascos de soro segundo o tipo de invólucro, volume e tempo decorrido até o resfriamento à temperatura aproximada de 37 °C, no ambiente a temperatura de 25,5 °C a 28 °C e umidade relativa do ar de 39% a 51%

AMOSTRA	TEMPO (S)	MINUTOS	TEMPERATURA (°C)	AMOSTRA	TEMPO (S)	MINUTOS	TEMPERATURA (°C)
SR_100 ml	180	3	37	SR_500 ml	1170	19,5	37
SF_100 ml	660	11	37	SF_500 ml	1230	20,5	37
SR_250 ml	660	11	37	SR_1000 ml	1710	28,5	37
SF_250 ml	780	13	37	SF_1000 ml	2100	35	37

Nota: SR= soro rígido; SF=soro flexível

Ao preparar os materiais para realizar o tratamento de feridas, o profissional deve planejar as etapas de realização do procedimento. Conhecer o tempo estimado de resfriamento da solução permite a tomada de decisão de qual é o melhor momento para aquecer as soluções.

Embora não se tenha repetido os ensaios para determinação do tempo de usabilidade, os resultados permitem a indicação de períodos estimados com margem de segurança para evitar o uso de soluções hipotérmicas.

## 6 - CONCLUSÃO

O conceito deste projeto foi pensado para desenvolver uma solução simples e viável para o aquecimento de soluções fisiológicas com finalidades terapêuticas no tratamento de feridas de forma eficaz e segura, tanto para o profissional quanto para a pessoa atendida.

O equipamento que pode aquecer as soluções de 250, 500 e 1000 ml de solução fisiológica em embalagem flexível e rígida para tratamento de feridas, em temperatura adequada e de forma segura à prática clínica é o forno micro-ondas adaptado para essa finalidade mediante engenharia reversa, devendo-se realizar uma a quatro agitações dos frascos para homogeneizar a temperatura das soluções.

O forno de micro-ondas também se mostrou eficiente para aquecer frascos de 100 ml de solução fisiológica de embalagem flexível, contudo, ainda necessita aperfeiçoamento para produzir o aquecimento desejado em frascos de solução fisiológica de 100 ml em embalagem rígida.

No contexto de temperatura ambiente de 24,8 °C a 28 °C e umidade relativa do ar 39% a 51%, concluiu-se, em relação ao o tempo de resfriamento dos frascos aquecidos no forno micro-ondas adaptado que:

- a embalagem flexível de 1000 ml leva 35 minutos para chegar à temperatura de 37 °C e a embalagem rígida leva 23,5 minutos;
- a embalagem flexível de 500 ml leva 20,5 minutos e a embalagem rígida 19,5 minutos;
- a embalagem flexível de 250 ml leva 13 minutos e a embalagem rígida 11 minutos;
- a embalagem flexível de 100 ml leva 11 minutos, ao passo que a embalagem rígida desse volume leva 3 minutos.

Para efeito de uso do forno micro-ondas adaptado na prática clínica pode-se recomendar a usabilidade dos frascos de 100 a 250 ml por 10 minutos (exceto para a embalagem rígida de 100 ml, que é 3 minutos) e de 20 minutos para os frascos maiores.

## 7 - REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 60335-1:2010. Segurança de aparelhos eletrodomésticos e similares. Brasil: ABNT; 2011.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NR 12. Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Portaria SIT n.º 293. Rio de Janeiro (BR): ABNT; 2011.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR IEC 60601-1. Equipamento eletro médico - Parte 1: Requisitos gerais para segurança básica e desempenho essencial. São Paulo (BR): ABNT; 2010.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NM-IEC 60335-2-25. Segurança de aparelhos eletrodomésticos e similares Parte 2-25: Requisitos específicos para fornos micro-ondas. Brasil: ABNT; 2006.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NR 13534. Instalações elétricas em estabelecimentos assistenciais de saúde. Requisitos para segurança. Rio de Janeiro (BR): ABNT; 1995.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR IEC 601-1. Equipamento Eletromédico. Parte 1. Prescrições Gerais de Segurança. São Paulo (BR): ABNT; 1994.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR IEC 601-1. Equipamento Eletromédico. Parte 1. Prescrições Gerais de Segurança. São Paulo (BR): ABNT; 1997.

Abella RJ, Daschbach J, Nichols RJ. Reverse engineering industrial applications. *Computers and Industrial Engineering*. 1994;26(2):381-5 [cited 2015 jan 28]. Available from: [http://ac.els-cdn.com/036083529490071X/1-s2.0-036083529490071X-main.pdf?\\_tid=e5230510-1c1a-11e6-b611-00000aacb360&acdnat=1463481432\\_2fa581d033a19487363134023b150b6a](http://ac.els-cdn.com/036083529490071X/1-s2.0-036083529490071X-main.pdf?_tid=e5230510-1c1a-11e6-b611-00000aacb360&acdnat=1463481432_2fa581d033a19487363134023b150b6a)

Akriotis V, Biggar WD. Os efeitos da hipotermia sobre a função dos neutrófilos in vitro. *J Leukoc Biol*.1985;37(1):51-61.

Alves MF. ABC do osciloscópio. Departamento de Engenharia Electrotécnica [Internet].1998 [cited 2015 jan 28]. Available from: [www.ceset.unicamp.br/~leobravo/TT%20305/O%20Osciloscopio.pdf](http://www.ceset.unicamp.br/~leobravo/TT%20305/O%20Osciloscopio.pdf)

Alcoforado MG. Comunicação intermediada por protótipos [dissertation]. Recife: Universidade Federal de Pernambuco; 2007. 210p

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Ministério da Saúde. Segurança do paciente em serviços de saúde: limpeza e desinfecção de superfícies. Brasília (Brasil): Ministério da Saúde; 2010.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 185, de 22 de outubro de 2001. Registro, alteração, revalidação e cancelamento do registro de produtos médicos na Agência Nacional de Vigilância Sanitária. ANVISA Publicações Eletrônicas. 2001.

Arakawa Y, Shibata N, Shibayama K, Kurokawa H, Yagi T, Fujiwara H *et al.* Convenient test for screening metallo-beta-lactamase producing Gram-negative bacteria by using thiol compounds. *J Clin Microbiol.* 2000;38(1):40-3. [cited 2015 jan 28]. Available from:  
<http://jcm.asm.org.ez49.periodicos.capes.gov.br/content/38/1/40.full.pdf+html>

Astete MW, GIAMPAOLI E, ZIDAN LN. Riscos físicos. Capítulo 3 - Radiações Não Ionizantes. [Internet] Editora; Fundacentro/SSST/MTB. São Paulo. 1987. [cited 2015 jan 28]. Available from:  
<http://www.higieneocupacional.com.br/download/radiacao-astete.pdf>

Barboza ACRN, Cruz CVMS, Graziani MB, Lorenzetti MCF, Sabadini E. Aquecimento em Forno de Microondas: Desenvolvimento de Alguns Conceitos Fundamentais. *Quim. Nova.* 2001;24(6):901-4.

Bagatini A, Nascimento L. Aquecimento de soluções cristaloides em forno de microondas: segurança e toxicidade. *Rev Bras Anesthesiol.* 1997; 47(3):237-44

Bergstrom N, Allman RM, Carlson CE, Eaglessetein W, Frantz RA, Garber SL, *et al.* Pressure ulcers in adults: prediction and . Clinical Practice Guideline. Quick Reference Guide for Clinicians, Nº. 3. Rockville: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Health Care Policy and Research; 1992.

Borges EL, Saár SRC, Lima VLAN, Gomes FSL, Magalhães MBB. Feridas: como tratar. Belo Horizonte (MG): Coopemed Editora Médica; 2001.

Bronson RCG. Equações diferenciais. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman; 2008, pág. 64.

Brooks J. Developing and Investigating Skin and Wound Cleaning Approaches Within Rural Africa. *Journal of the Dermatology Nurses Association.* 2012;4(4): 255-8.

Caltech. Thermoelectrics material Science. California Institute of Technology. Brief History of Thermoelectrics [Internet]. 2012 [cited 2015 jul 01]. Available from:  
[www.thermoelectrics.caltech.edu/thermoelectrics/history](http://www.thermoelectrics.caltech.edu/thermoelectrics/history)

Carmo SS, Castro CD, Rios VS, Sarquis MGA. Atualidades na assistência de enfermagem a portadores de úlcera venosa. *Rev. Eletr. Enf.* 2007;9(2):506-17. [cited 2015 jul 01]. Available from:  
[https://www.fen.ufg.br/fen\\_revista/v9/n2/v9n2a17.htm](https://www.fen.ufg.br/fen_revista/v9/n2/v9n2a17.htm)

Cechinel RB. Limpeza e cuidados do ambiente e artigos de serviços de saúde. In: Diagnóstico e Prevenção de IRAS em neonatologia. São Paulo: APECIH- Associação Paulista de Estudos e Controle de Infecção Hospitalar; 2011. 209-24 p.

Cordeiro, ALAO; Oliveira, MMC; Fernandes, JD; Barros, CSMA; Castro, LMC. Contaminação de equipamentos em unidade de terapia intensiva. Acta Paul Enferm. 2015;28(2):160-5. [cited 2015 jul 01]. Available from: <http://www.scielo.br/pdf/ape/v28n2/1982-0194-ape-28-02-0160.pdf>

Costa EC. Refrigeração. 3ª ed. Edgard Blücher Ltda; 1982.

Chen KH, Chen LR, Wang YK. Contamination of medical charts: an important source of potential infection in hospitals. PLoS One.2014;9(2):78512.

CLSI. Method for antifungal Disk Diffusion Susceptibility Testing of Yeasts, Approved Guideline. 2 nd ed. CLSI, Wayne, PA. (2009).

Dealey C. Cuidando de feridas: um guia para as enfermeiras. 3ª ed. São Paulo: Atheneu; 2008. 256 p.

Declair V. Escaras de decúbitos: prevenção e tratamento. Nursing. 2002;5(53):5-6

Dias AB. Engenharia reversa: uma porta ainda aberta. Produto & Produção.1998; 2(1):1-7

Dutra CRA, Dill CBRB. Sistema de dissipação de calor em uma resistência elétrica através de módulo Peltier. Trabalho Final da Disciplina de Medições Térmicas. Porto Alegre, Dezembro, 2009.

Eliam E. Reversing: Secrets of reverse engineering. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc, 2005.

Farias FM, Santos ED, Isoldi LA, Rocha LAO. Numerical study of reservoir cooling by means of peltier effect. Vetor, Rio Grande, 2008;2(18):56-66. [cited 2015 jul 01]. Available from: <https://www.seer.furg.br/vetor/article/download/1702/84>

Factor Segurança. Radiações ionizantes e não ionizantes. [Internet]. Jan/Fev 2005 [cited 2015 out 13]. Available from [http://www.factor-segur.pt/artigosA/artigos/radiacoes\\_ionizantes\\_e\\_nao\\_ionizantes.pdf](http://www.factor-segur.pt/artigosA/artigos/radiacoes_ionizantes_e_nao_ionizantes.pdf)

Figueireido D, Aloisio N. Equações Diferenciais Aplicadas. Rio de Janeiro: IMPA; 1998.

Fowler RJ. Eletricidade: princípios e aplicações. v.1. Editora: Makron Books. São Paulo, 2013.

Furtado, LB, Assad, MM. Engenharia reversa como ferramenta de melhoria em processos de montagem de novos produtos. XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção e Desenvolvimento Sustentável e Responsabilidade

Social: As Contribuições da Engenharia de Produção Bento Gonçalves, RS, Brasil, 15 a 18 de outubro de 2012.

Griffiths RD, Fernandez RS, Ussia CA. Is tap water a safe alternative to normal saline for wound irrigation in the community setting? *Journal of Wound Care* 2001;10(10):407-10.

Godinho JPMS. Desenvolvimento de Telecomunicações. [dissertation]. Universidade do Minho, Escola de Engenharia Mecânica. Portugal. Dezembro, 2012.

Gomes FVL, Costa MR, Mariano L AA. Comissão de controle de infecção Hospitalar. Manual de curativos. Santa Casa de Misericórdia de Goiânia. Central de Curativos. Goiânia, 2005.

Halliday D, Resnick R, Walker J. Fundamentos de Física. 9ª ed. Rio de Janeiro: LTC; 2012.

Harnett RM, Pruitt JR, Sias FR. A review of the literature concerning resuscitation from hypothermia: Part II – Selected rewarming protocols. *Aviat Space Environ Med*, 1983;54:487-495.

Hayden MK, Blom DW, Lyle EA, Moore CG, Weistein RA. Risk of hand or glove contamination after contact with vancomycin resistant enterococcus or the colonized patients environment. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2008;29(2):149-54.

Hee-Young P, Phillips T, Kroon C, Jothi Murali; Seah CC. Noncontact Thermal Wound Therapy Counteracts the Effects of Chronic Wound Fluid on Cell Cycle-Regulatory Proteins. *WOUNDS*. 2001;13(6):216-222.

Henker E. Estudo e construção de equipamentos desumidificadores para obtenção de água potável utilizando diferentes sistemas. [dissertation]. Programa de pós-graduação em tecnologia ambiental. UNISC, Santa Cruz do Sul. Fevereiro, 2012. 72p.

Hentem JG, Pereira J. Fundamentos de Astronomia. Capítulo 4 - Radiação eletromagnética. [Internet]. Departamento de astronomia. IAG/USP. Agosto, 2010. [cited 2015 jan 28]. Available from: <http://www.astro.iag.usp.br/~jane/aga215/apostila/cap04.pdf>

Hughes MA, Tang C, Cherry GW. Effect of intermittent radiant warming on proliferation of human dermal endothelial cells in vitro. *Journal of Wound Care*. 2003; 12(4):135-7.

Hunt TK, Pai MP. The effect of varying ambient oxygen tensions on wound metabolism and collagen synthesis. *Surg Gynecol Obstet*.1972;135:561-567.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial e Qualidade Industrial. Adequação dos aparelhos eletrodomésticos e similares,

importados ou fabricados no país, a requisitos mínimos de segurança. Portaria nº 371, de 29 de dezembro de 2009.

Jönsson K, Hunt TK, Mathes SJ. Oxygen as an isolated variable influences resistance to infection. *Ann Surg.*1988;208:783-7.

Kreith F, Bohn M. Princípios de transferência de calor. São Paulo: Thomson Pioneira; 2003.

Kurz A, Sessler DI, Lenhardt R. Perioperative Normothermia to Reduce the Incidence of Surgical-Wound Infection and Shorten Hospitalization. *N Engl J Med.*1996;334:1209-1216

LaMonica M. Nuclear generator powers Curiosity Mars mission. MIT. Technology Review [Internet]. 2012 [cited 2015 jan 08]. Available from: [www.technologyreview.com/view/428751/nuclear-generator-powers-curiosity-mars-mission](http://www.technologyreview.com/view/428751/nuclear-generator-powers-curiosity-mars-mission)

Liou FW. Rapid Prototyping and Engineering Applications: a toolbox for prototype development. New York: CRC Press, 1 st ed. v. 1, 2007.568p.

Lock, PM. The effects of temperature on mitotic activity at the edge of experimental wounds. In *Symposium on Wound Healing, Plastic Surgical and Dermatological Aspects.* 1980.

MacFie CC, Melling AC, Leaper DJ. Effects of warming on healing. *J Wound Care.* 2005;14(3):133-6.

Mcguiness W, Vella E, Harrison D. Influence of dressing changes on wound temperature. *Journal of Wound Care.* 2004;13(9):383-5.

Malvino A, Bates J, Eletrônica: Diodos, transistores e amplificadores. Versão concisa. 7ª ed, Editora Mcgraw hill – Artmed, 2011. 429p.

Marlow. Marlow Industries. Inc. Industries Dallas. USA [Internet]. 2012 [cited 2015 jul 01]. Available from: [www.marlow.com/industries](http://www.marlow.com/industries)

Meyer TN, Ribeiro MFC, Mendonça AT. Estudo experimental do aquecimento adequado de solução cristalóide por micro-ondas e dedução de equação para seu cálculo. *Rev Bras Cir Plást.* 2012;27(4):518-22.

Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde. Departamento de Atenção Básica. Manual de condutas para úlceras neurotróficas e traumáticas. Brasília (Brasil): Ministério da Saúde; 2002.

Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 466/2012 – Normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos. Brasília (Brasil): Ministério da Saúde; 2012.

Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde. Departamento de Atenção Básica. Manual de condutas para úlceras neurotróficas e traumáticas. Brasília (Brasil): Ministério da Saúde; 2002.

Monteiro JHP. Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. Instituto Brasileiro de Administração Municipal, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2001.193p.

Moura CEM, Silva LLM, Godoy JRP. Úlceras de pressão: prevenção e tratamento. Univ. Ci. Saúde. 2005;3(2):275-86.

MTE. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria SIT nº197, de 17 de dezembro de 2010. Norma Regulamentadores Nº. 12, Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. Diário Oficial União. 24 dez 2010.

Muñoz ISS; Silva JL; Zângaro RA; Hagiwara EK; Lima CJ. Sistema de aquecimento de soro fisiológico. VIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IV Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2004

Mury LGM. Uma metodologia para adaptação e melhoria de produtos a partir da engenharia reversa [dissertation]. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2000. 89 p. [cited 2015 jun 20]. Available from: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/Luiz%20Gilberto%20Monclaro%20Mury.pdf>

Muth CM, Mainzer B, Peters J. The use of countercurrent heat exchangers diminishes accidental hypothermia during abdominal aortic aneurysm surgery. Acta Anaesthesiol Scand. 1996;40(1):197-202.

Nonino, EAPM, Anselmi ML, Dalmas JC. Avaliação da qualidade do procedimento curativo em pacientes internados em um hospital universitário. Rev Latino-am Enfermagem. 2008;16(1):25-32. [cited 2015 jun 20]. Available from: [http://www.scielo.br/pdf/rlae/v16n1/pt\\_09.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rlae/v16n1/pt_09.pdf)

Nicks BA, Ayello EA, Woo K, Nitzki, George D, Sibbald RG. Acute wound management: revisiting the approach to assessment, irrigation, and closure considerations. International Journal of Emergency Medicine. 2010;3(1):399-07. [cited 2015 jun 20]. Available from: <http://link.springer.com/article/10.1007/s12245-010-0217-5>

Ordenes M, Guths S, Lamberts R. Transferência de calor na envolvente da edificação. Apostila do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: UFSC, 2005.

Peltier JC. Nouvelles experiences surlacaloricite descourans electriques. Annales de chimie LVT; 1934.

Poli MA, Oli KA, Carvalho RE, Guerra K, Beck JCP. Utilizando o Efeito Peltier em Bancada de Temperatura. Salão de Iniciação Científica PUCRS. 2012. [cited 2015 jun 20]. Available

from:[http://www.pucrs.br/edipucrs/XSalaolC/Engenharias/Engenharia\\_Eletrica/70711-MARCO\\_ADAMS\\_POLI.pdf](http://www.pucrs.br/edipucrs/XSalaolC/Engenharias/Engenharia_Eletrica/70711-MARCO_ADAMS_POLI.pdf)

Quege GE. Estudo comparativo do uso de um produto a base de ácidos graxos essenciais (AGE) e de uma biomembrana de látex no tratamento de feridas crônicas infectadas em pacientes curado de Hanseníase [dissertation]. Goiânia: Universidade Federal de Goiás; 2008. 235p.

Rabkin JM,Hunt TK. Local Heat Increases Blood Flow and Oxygen Tension in Wounds. *Arch Surg.* 1987;122(2):221-225.

Rangel EML, Caliri MHL. Uso das diretrizes para tratamento da úlcera por pressão por enfermeiros de um hospital geral. *Rev. Eletr. Enf.* [Internet]. 2009;11(1):70-77. Available from: <http://www.fen.ufg.br/revista/v11/n1/v11n1a09.htm>.

Rosen J. *Encyclopedia of Physics.* Facts on File: Incorporated: 2009.

Rodrigues C, Silva D. Limpeza de Feridas: Técnicas e Soluções. *Journal of Tissue Regeneration e Healing.* 2012;1(1):25-31. [cited 2015 jun 20]. Available <http://www.trh-journal.com/limpeza-de-feridas/>

Rosini F, Nascentes CC, Nóbrega J. Experimentos didáticos envolvendo radiações radiação micro-ondas. *Química Nova.* 2004;27(6):1012-15. [cited 2015 jun 20]. Available [http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol27No6\\_1012\\_27-ED03196.pdf](http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol27No6_1012_27-ED03196.pdf)

Rueller JB. Hypothermia: pathophysiology, clinical settings, and management. *Ann Intern Med,* 1978;89:519-527.

Santana, AC, Bachion MA, Cavalcante AMZ, Vieira F, Carneiro AS, Porto PZ. Atividades referidas pela equipe de enfermagem no cuidado às pessoas com úlceras vasculares: Mapeando o atendimento nas salas de curativo no município de Goiânia. Ano 2008. [cited 2015 jun 20]. Available from: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/63ra/conpeex/mestrado/trabalhos-mestrado/mestrado-adriana-cristina.pdf>

Santos JB, Porto SG, Suzuki LM, Sostizzo LRZ., Antoniazzi JL., Echer IC. Avaliação e tratamento de feridas: Orientações aos profissionais. Hospital de clínicas de Porto Alegre. Porto Alegre - RS, 2011. [cited 2015 out 28]. Available from:<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/34755/000790228.pdf>

Santos JS, Bliacheriene AC, Forster AC, Pereira Jr GA. Protocolos clínicos e de regulação: Acesso à rede de saúde. Editora Elsevier. Rio de Janeiro, 2012.

Secretaria Municipal de Saúde. Protocolo de cuidado de feridas. Prefeitura de Florianópolis. Florianópolis. 2008.

Secretaria Municipal de Saúde. Protocolo de Prevenção e Tratamento de Úlceras Crônicas e do Pé Diabético. Prefeitura do Município de São Paulo. São Paulo, 2010.

Sexton T, Clark P, O'Neill E, Dillane T, Humphreys H. Environmental reservoirs of methicillin-resistant staphylococcus aureus in isolation rooms: correlation with patient isolates and implications for hospital hygiene. *J Hosp Infect.* 2006;62(2):187-94. [cited 2015 out 28]. Available from:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195670105003361>

Sheffield CW, Sessler DI, Hunt TK. Mild hypothermia during isoflurane anesthesia decreases resistance to *E. coli* dermal infection in guinea pigs. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1994;38:201-5.

Sheffield CW, Sessler DI, Hunt TK, Scheuenstuhl H. Mild hypothermia during halothane-induced anesthesia decreases resistance to *Staphylococcus aureus* dermal infection in guinea pigs. *Wound Repair Regeneration.* 1994;2:48-56. [cited 2015 out 28]. Available from:

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1524-475X.1994.20108.x/epdf>

Silva, DS; Hahn, GV. Cuidados com úlceras venosas: realidade do Brasil e Portugal. *Rev Enferm UFSM* 2012;2(2):330-38. [cited 2015 out 28]. Available from: <http://periodicos.ufsm.br/reufsm/article/view/4967/3757>

Tayar G. Peterlini MAS. Pedreira MLG. Proposta de um algoritmo para seleção de coberturas segundo o tipo de lesão aberta em crianças. *Acta Paul Enfermagem.* 2007;20(3):284-90. [cited 2015 out 28]. Available from: <http://www.scielo.br/pdf/ape/v20n3/a07v20n3.pdf>

Toniollo, CL; Bertolin, TE; Ascari RA. Úlcera venosa crônica: um relato de caso. *RBCEH, Passo Fundo,* 2012;9(3):417-425. [cited 2015 out 28]. Available from: [www.upf.br/seer/index.php/rbceh/article/download/2766/pdf](http://www.upf.br/seer/index.php/rbceh/article/download/2766/pdf)

Tonuci LRS. Desinfecção de resíduos de serviços de saúde por aquecimento dielétrico do tipo micro-ondas, em Ribeirão Preto/SP [dissertation]. Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental - Universidade de Ribeirão Preto, 2006.108p. [cited 2015 out 28]. Available from: <http://tede.unaerp.br:8180/bitstream/tede/14/1/LIGIA%20RIBEIRO%20DA%20SILVA%20TONUCI.pdf>

Ulrich TC. Eppinger DS. *Product Design and Development.* New York: McGraw Hill; 2004.

Van Oss CJ, Absolom DR, Moore LL, Park BH, Humbert JR. Effect of temperature on the chemotaxis, phagocytic engulfment, digestion and O<sub>2</sub> consumption of human polymorphonuclear leukocytes. *J Reticuloendothelial Soc.* 1980;27:561-5.

Volpato N. Prototipagem rápida / ferramental rápido no processo de desenvolvimento de produto. *Revista Máquinas e Metais.* 1999.76-89.

Watret I, Mclean A. Cleansing diabetic foot wounds: Tap water or saline? *Wounds International.* 2009;4(4):4-6.

Willian C. Wound irrigation techniques: news steripod normal saline. British Journal Nursing 1999;8(21):1460-62. [cited 2015 out 28]. Available from: <http://www.nursingtimes.net/clinical-archive/wound-care/wound-cleansing-the-evidence-for-the-techniques-and-solutions-used/200101.fullarticle>

Wilker,B. O que é engenharia reversa? [Internet]. [cited 2015 out 28]. Available from:<http://www.bwsconsultoria.com/2011/05/o-que-e-engenharia-reversa.html>.

Withney JD, Wickline MM. Treating chronic and acute wounds with warming: Review of the Science and Practice Implications. JWOCN. 2003;30(4):199-9. [cited 2015 jun 20]. Available from:[http://ac.elscdn.com/S1071575403002171/1-s2.0-S1071575403002171main.pdf?\\_tid=35331ed2-266b-11e6-a624-00000aab0f6c&acdnat=1464615437\\_a629f83eef59f241d959c5076e02a23c](http://ac.elscdn.com/S1071575403002171/1-s2.0-S1071575403002171main.pdf?_tid=35331ed2-266b-11e6-a624-00000aab0f6c&acdnat=1464615437_a629f83eef59f241d959c5076e02a23c)

Xia Z., Sato A., Hughes M.A, Cherry G.W. Stimulation of fibroblast growth *in vitro* by intermittent radiant warming. Wound Repair and Regen. 2000;8(2):138-44. [cited 2015 jun 20]. Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1524-475x.2000.00138.x/epdf>

Yau HT, Haques S, Menq CH. Reverse engineering in the design of engine intake and exhaust parts. Manufacturing Science and Engineering. Division: Production Engineering. 1993;64:139-48.

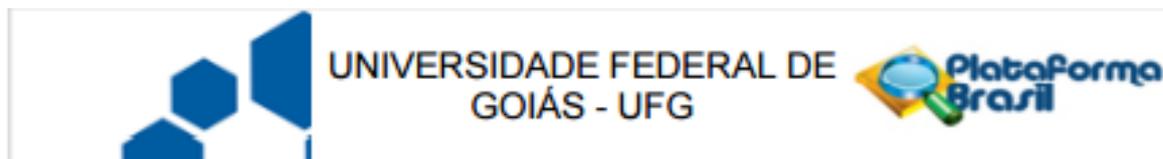
## APÊNDICE A

Ficha para registro de dados da temperatura ambiente e do comportamento da temperatura do soro conforme o tempo de aquecimento.

Número Frascos	Volume (ml)	Temp. Ambiente (°C)	Temp. registrada no display	Sensor dentro do protótipo (°C)	Sensor no interior do soro (°C)
1 Frasco	100				
	250				
	500				
	1000				
2 Frascos	100				
	250				
	500				
	1000				
3 Frascos	100				
	250				
	500				
	1000				
4 Frascos	100				
	250				
	500				
	1000				
5 Frascos	100				
	250				
	500				
	1000				
6 Frascos	100				
	250				
	500				
	1000				



## APÊNDICE C



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** PROTÓTIPO DE EQUIPAMENTO PARA AQUECER SOLUÇÕES UTILIZADAS NA LIMPEZA DE FERIDAS: DESENVOLVIMENTO, VALIDAÇÃO DE SEGURANÇA, USABILIDADE E EFICÁCIA

**Pesquisador:** Jaqueline Evangelista da Costa Bezerra

**Área Temática:** Equipamentos e dispositivos terapêuticos, novos ou não registrados no País;

**Versão:** 2

**CAAE:** 42588414.0.0000.5083

**Instituição Proponente:** CEPAE / UFG

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 1.185.478

**Data da Relatoria:** 06/07/2015

#### Apresentação do Projeto:

Relatam que um dos principais passos do curativo é a correta limpeza da ferida, pois ela ajuda a eliminar os microrganismos, e resíduos que interferem na cicatrização. A limpeza pode ser realizada com vários produtos, entretanto a mais utilizada é o soro fisiológico, esse deve ser aquecido em temperatura de  $\pm 37^{\circ}\text{C}$  para então ser utilizado na ferida, a normotermia propiciando condições adequadas para a proliferação celular. Trata-se de estudo experimental de inovação tecnológica. A pesquisa será realizada em duas unidades de saúde pública de Goiânia -GO, em três etapas, com metodologias distintas, assim, os métodos empregados serão descritos separadamente. Primeira etapa: Estudo experimental em laboratório para confecção do protótipo de aquecimento de soluções; Segunda etapa: Estudo de campo para avaliação de segurança microbiológica do protótipo; Terceira etapa: Estudo de avaliação em campo para avaliação da usabilidade do equipamento por profissionais de enfermagem.

#### Objetivo da Pesquisa:

**Objetivo Primário:**

Desenvolver uma tecnologia de aquecimento de soluções utilizada para limpeza de feridas durante a terapia de uso tópico da lesão

**Objetivo Secundário:**

**Endereço:** Prédio da Reitoria Térreo Cx. Postal 131

**Bairro:** Campus Samambaia

**CEP:** 74.001-970

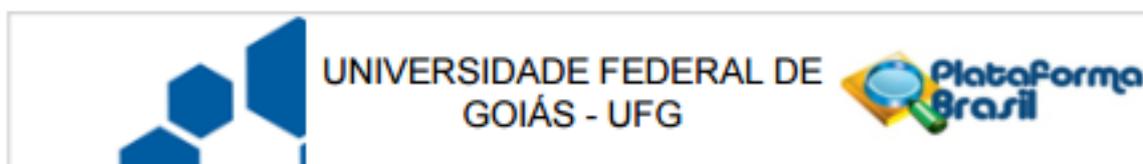
**UF:** GO

**Município:** GOIANIA

**Telefone:** (62)3521-1215

**Fax:** (62)3521-1163

**E-mail:** cep.prpi.ufg@gmail.com



Continuação do Parecer: 1.185.478

Testar modelos de avaliação de eficácia de equipamentos para aquecimento de soluções para tratamento de ferida;

- Avaliar segurança microbiológica do equipamento de aquecimento de solução para tratamento de ferida;
- Avaliar a opinião de profissionais de enfermagem sobre a usabilidade do equipamento.

#### **Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

##### **Riscos:**

Embora os riscos sejam mínimos a participação é livre. O nome do profissional não constará na pesquisa, sendo garantido o sigilo quanto à identidade, caso ele se sinta lesado com sua participação na pesquisa, poderá pleitear indenização junto aos órgãos competentes

##### **Benefícios:**

O benefício direto da participação do profissional de enfermagem na pesquisa será a possibilidade de opinar sobre o equipamento, contribuindo para o aperfeiçoamento da tecnologia, para que no futuro seja compatível com as expectativas dos profissionais e favoreça o uso de soluções aquecidas no tratamento de feridas crônicas e a utilização de tecnologias que otimizem o trabalho.

#### **Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

A pesquisa tem grande relevância social e acadêmica. Apresenta estrutura física adequada para o desenvolvimento desta, currículos dos pesquisadores são compatíveis com o estudo. Propõe trabalhar em duas unidades de saúde e com 16 profissionais que avaliarão o equipamento para aquecer as soluções fisiológicas utilizadas na limpeza de feridas, quanto ao desenvolvimento, segurança, usabilidade e eficácia. Apresenta introdução com referências atualizadas, metodologia detalhada e clara.

#### **Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Apresenta os termos de anuência, TCLE com linguagem clara, garantindo o sigilo quanto à identidade e, caso ele se sinta lesado com sua participação na pesquisa, poderá pleitear indenização junto aos órgãos competentes" conforme as normas da resolução 466/12. Cronograma adequado, com coleta a ser iniciada após o parecer do CEP.

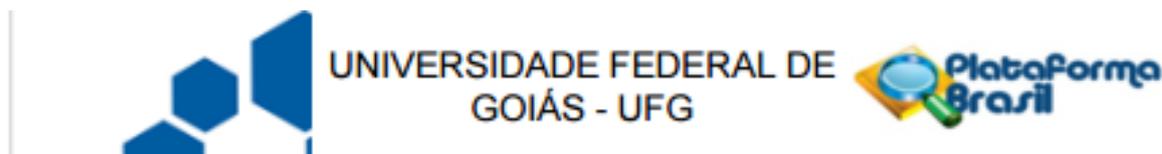
#### **Recomendações:**

##### **Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Aprovado, foi atendido as solicitações:

- 1-TCLE o logotipo da instituição.
- 2-Esclarecido os riscos para o participante

Endereço: Prédio da Reitoria Térreo Cx. Postal 131  
 Bairro: Campus Samambaia CEP: 74.001-970  
 UF: GO Município: GOIANIA  
 Telefone: (62)3521-1215 Fax: (62)3521-1163 E-mail: cep.prpi.ufg@gmail.com



Continuação do Parecer: 1.185.478

3-Alterado a data da coleta dos dados no cronograma para após parecer do CEP

**Situação do Parecer:**

Pendente

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Informamos que o Comitê de Ética em Pesquisa/CEP-UFG considera o presente protocolo APROVADO, o mesmo foi considerado em acordo com os princípios éticos vigentes. Reiteramos a importância deste Parecer Consubstanciado, e lembramos que o(a) pesquisador(a) responsável deverá encaminhar ao CEP-UFG o Relatório Final baseado na conclusão do estudo e na incidência de publicações decorrentes deste, de acordo com o disposto na Resolução CNS nº. 466/12. O prazo para entrega do Relatório é de até 30 dias após o encerramento da pesquisa, prevista para 30/09/2015.

GOIANIA, 14 de Agosto de 2015

---

**Assinado por:**  
**João Batista de Souza**  
**(Coordenador)**

Endereço: Prédio da Retoria Térreo Cx. Postal 131  
Bairro: Campus Samambala CEP: 74.001-970  
UF: GO Município: GOIANIA  
Telefone: (62)3521-1215 Fax: (62)3521-1163 E-mail: cep.prpl.ufg@gmail.com

## APÊNDICE D

Soro rígido - 100 mililitros							
Temperatura ambiente: 24,8 °C				Umidade: 51%			
Temperatura display do FMO adaptado: 24 °C				Temperatura Inicial do Soro: 24 °C			
Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura
0	38	1500	31,5	3000	28,3	4500	26,7
30	38	1530	31,4	3030	28,3	4530	26,8
60	37,7	1560	31,6	3060	28,4	4560	26,5
90	37,5	1590	31,5	3090	28,3	4590	26,5
120	37,4	1620	31	3120	28,2	4620	26,5
150	37,1	1650	31,1	3150	28,2	4650	26,5
180	37	1680	30,9	3180	27,9	4680	26,6
210	36,8	1710	31	3210	28	4710	26,5
240	36,7	1740	30,9	3240	28	4740	26,5
270	36,6	1770	30,9	3270	27,8	4770	26,4
300	36,5	1800	30,9	3300	28	4800	26,5
330	36,4	1830	30,5	3330	27,9	4830	26,5
360	36,4	1860	30,4	3360	27,9	4860	26,4
390	36,2	1890	30,5	3390	27,7	4890	26,3
420	36	1920	30,5	3420	27,7	4920	26,3
450	35,6	1950	30,3	3450	27,7	4950	26,4
480	35,4	1980	30,3	3480	27,7	4980	26,5
510	35,2	2010	30,3	3510	27,6	5010	26,3
540	35,4	2040	30	3540	27,7	5040	26,4
570	35	2070	30,2	3570	27,6	5070	26,3
600	35	2100	29,9	3600	27,7	5100	26,5
630	34,8	2130	29,9	3630	27,7	5130	26,4
660	34,5	2160	29,9	3660	27,5	5160	26,3
690	34,5	2190	29,5	3690	27,5	5190	26,3
720	34,3	2220	29,7	3720	27,5	5220	26,2
750	34,1	2250	29,5	3750	27,5	5250	26,2
780	34	2280	29,4	3780	27,5	5280	26,1
810	34,2	2310	29,3	3810	27,5	5310	26,1
840	33,7	2340	29,4	3840	27,3	5340	26,1
870	33,9	2370	29,4	3870	27,3	5370	26,1
900	33,6	2400	29,3	3900	27,2	5400	26,1
930	33,5	2430	29,1	3930	27,4	5430	26,2
960	33,2	2460	29,3	3960	27,2	5460	26
990	33,1	2490	29,3	3990	27,1	5490	26,1
1020	33,4	2520	29,2	4020	27,2	5520	26
1050	33,1	2550	29,2	4050	27,1	5550	26
1080	32,8	2580	29,1	4080	27,1	5580	26
1110	32,8	2610	29	4110	27,1	5610	25,9
1140	32,6	2640	29	4140	27,1	5640	26
1170	32,5	2670	29	4170	27	5670	26
1200	32,5	2700	28,9	4200	27	5700	26
1230	32,4	2730	28,8	4230	26,9	5730	26
1260	32,3	2760	28,7	4260	26,9	5760	26
1290	32	2790	28,4	4290	26,8	5790	26
1320	31,9	2820	28,7	4320	26,7	5820	26
1350	32	2850	28,6	4350	26,7	5850	25,9
1380	32	2880	28,4	4380	26,6	5880	25,8
1410	31,9	2910	28,4	4410	26,7	5910	25,9
1440	31,5	2940	28,5	4440	26,7	5940	25,9
1470	31,5	2970	28,5	4470	26,7	5970	25,7

Soro rígido - 100 mililitros							
Temperatura ambiente: 24,8 °C				Umidade: 51%			
Temperatura display do FMO adaptado: 24 °C				Temperatura Inicial do Soro: 24 °C			
Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura
6000	26	7500	25,3	8370	24,9		
6030	25,8	7530	25,3	8400	24,9		
6060	25,9	7560	25,4	8430	24,9		
6090	25,7	7590	25,3	8460	24,9		
6120	25,6	7620	25,4	8490	24,9		
6150	25,7	7650	25,4	8520	24,9		
6180	25,7	7680	25,4	8550	24,9		
6210	25,8	7710	25,3	8580	24,9		
6240	25,7	7740	25,2	8610	24,9		
6270	25,9	7770	25,1	8640	24,9		
6300	25,5	7800	25	8670	24,8		
6330	25,4	7830	25	8700	24,8		
6360	25,7	7860	25	8730	24,8		
6390	25,5	7890	25	8760	24,8		
6420	25,8	7920	25	8790	24,8		
6450	25,7	7950	25	8820	24,8		
6480	25,7	7980	25	8850	24,8		
6510	25,6	8010	25	8880	24,8		
6540	25,6	8040	25	8910	24,8		
6570	25,5	8070	25	8940	24,8		
6600	25,8	8100	25	8970	24,8		
6630	25,8	7500	25,3	9000	24,8		
6660	25,8	7530	25,3	9030	24,8		
6690	25,5	7560	25,4	9060	24,8		
6720	25,7	7590	25,3	9090	24,8		
6750	25,4	7620	25,4	9120	24,8		
6780	25,6	7650	25,4	9150	24,8		
6810	25,6	7680	25,4	9180	24,8		
6840	25,5	7710	25,3	9210	24,8		
6870	25,5	7740	25,2	9240	24,8		
6900	25,5	7770	25,1	9270	24,8		
6930	25,4	7800	25	9300	24,8		
6960	25,4	7830	25	9330	24,8		
6990	25,5	7860	25	9360	24,8		
7020	25,5	7890	25	9390	24,8		
7050	25,6	7920	25	9420	24,8		
7080	25,4	7950	25	9450	24,8		
7110	25,4	7980	25	9480	24,8		
7140	25,3	8010	25	9510	24,8		
7170	25,3	8040	25	9540	24,7		
7200	25,3	8070	25	9570	24,7		
7230	25,3	8100	25	9600	24,7		
7260	25,3	8130	24,9				
7290	25,3	8160	24,9				
7320	25,3	8190	24,9				
7350	25,3	8220	24,9				
7380	25,4	8250	24,9				
7410	25,4	8280	24,9				
7440	25,3	8310	24,9				
7470	25,3	8340	24,9				

Soro flexível - 100 mililitros							
Temperatura ambiente: 24,8 °C				Umidade: 50%			
Temperatura display do FMO adaptado: 24 °C				Temperatura Inicial do Soro: 23 °C			
Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura
0	40,1	1500	33,1	3000	29,3	4500	27,2
30	40,1	1530	33,4	3030	29,3	4530	27,1
60	39,9	1560	33,1	3060	29,2	4560	27,2
90	39,8	1590	32,8	3090	29,2	4590	27,1
120	39,6	1620	32,8	3120	29,1	4620	27,1
150	39,5	1650	32,6	3150	29	4650	27,1
180	39,2	1680	32,5	3180	29	4680	27,1
210	39,1	1710	32,5	3210	29	4710	27
240	38,9	1740	32,4	3240	28,9	4740	27
270	38,8	1770	32,3	3270	28,8	4770	26,9
300	38,6	1800	32	3300	28,7	4800	26,9
330	38,4	1830	31,9	3330	28,4	4830	26,8
360	38,2	1860	32	3360	28,7	4860	26,7
390	38,1	1890	32	3390	28,6	4890	26,7
420	37,9	1920	31,9	3420	28,4	4920	26,6
450	37,8	1950	31,5	3450	28,4	4950	26,7
480	37,7	1980	31,5	3480	28,5	4980	26,7
510	37,6	2010	31,5	3510	28,5	5010	26,7
540	37,5	2040	31,4	3540	28,3	5040	26,7
570	37,4	2070	31,6	3570	28,3	5070	26,8
600	37,2	2100	31,5	3600	28,4	5100	26,5
630	37,1	2130	31	3630	28,3	5130	26,5
660	37	2160	31,1	3660	28,2	5160	26,5
690	36,9	2190	30,9	3690	28,2	5190	26,5
720	36,8	2220	31	3720	27,9	5220	26,6
750	36,7	2250	30,9	3750	28	5250	26,5
780	36,6	2280	30,9	3780	28	5280	26,5
810	36,5	2310	30,9	3810	27,8	5310	26,4
840	36,4	2340	30,5	3840	28	5340	26,5
870	36,4	2370	30,4	3870	27,9	5370	26,5
900	36	2400	30,5	3900	27,9	5400	26,4
930	36	2430	30,5	3930	27,7	5430	26,3
960	35,6	2460	30,3	3960	27,7	5460	26,3
990	35,4	2490	30,3	3990	27,7	5490	26,4
1020	35,2	2520	30,3	4020	27,7	5520	26,5
1050	35,4	2550	30	4050	27,6	5550	26,3
1080	35	2580	30	4080	27,7	5580	26,4
1110	35	2610	30,2	4110	27,6	5610	26,3
1140	34,8	2640	29,9	4140	27,7	5640	26,5
1170	34,5	2670	29,9	4170	27,7	5670	26,4
1200	34,5	2700	29,9	4200	27,5	5700	26,3
1230	34,3	2730	29,5	4230	27,5	5730	26,3
1260	34,1	2760	29,7	4260	27,5	5760	26,2
1290	34	2790	29,5	4290	27,5	5790	26,2
1320	34,2	2820	29,4	4320	27,5	5820	26,1
1350	33,7	2850	29,3	4350	27,5	5850	26,1
1380	33,9	2880	29,4	4380	27,3	5880	26,1
1410	33,6	2910	29,4	4410	27,3	5910	26,1
1440	33,5	2940	29,3	4440	27,2	5940	26,1
1470	33,2	2970	29,1	4470	27,4	5970	26,2

Soro flexível - 100 mililitros							
Temperatura ambiente: 24,8 °C				Umidade: 50%			
Temperatura display do FMO adaptado: 24 °C				Temperatura Inicial do Soro: 23 °C			
Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura
6000	26	7500	25,4	9000	25		
6030	26,1	7530	25,5	9030	25		
6060	26	7560	25,5	9060	25		
6090	26	7590	25,6	9090	25		
6120	26	7620	25,4	9120	25		
6150	25,9	7650	25,4	9150	25		
6180	26	7680	25,3	9180	25		
6210	26	7710	25,3	9210	25		
6240	26	7740	25,3	9240	25		
6270	26	7770	25,3	9270	25		
6300	26	7800	25,3	9300	25		
6330	26	7830	25,3	9330	25		
6360	26	7860	25,3	9360	25		
6390	25,9	7890	25,3	9390	25		
6420	25,8	7920	25,4	9420	25		
6450	25,9	7950	25,4	9450	25		
6480	25,9	7980	25,3	9480	25		
6510	25,7	8010	25,3	9510	25		
6540	26	8040	25,3	9540	25		
6570	25,8	8070	25,3	9570	25		
6600	25,9	8100	25,4	9600	25		
6630	25,7	8130	25,3				
6660	25,6	8160	25,4				
6690	25,7	8190	25,4				
6720	25,7	8220	25,4				
6750	25,8	8250	25,3				
6780	25,7	8280	25				
6810	25,9	8310	25				
6840	25,5	8340	25				
6870	25,4	8370	25				
6900	25,7	8400	25				
6930	25,5	8430	25				
6960	25,8	8460	25				
6990	25,7	8490	25				
7020	25,7	8520	25				
7050	25,6	8550	25				
7080	25,6	8580	25				
7110	25,5	8610	25				
7140	25,8	8640	25				
7170	25,8	8670	25				
7200	25,8	8700	25				
7230	25,5	8730	25				
7260	25,7	8760	25				
7290	25,4	8790	25				
7320	25,6	8820	25				
7350	25,6	8850	25				
7380	25,5	8880	25				
7410	25,5	8910	25				
7440	25,5	8940	25				
7470	25,4	8970	25				

Soro rígido - 250 mililitros							
Temperatura ambiente: 25,5 °C				Umidade: 43%			
Temperatura display do FMO adaptado: 24 °C				Temperatura Inicial do Soro: 25 °C			
Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura
0	41,5	1500	34,8	3000	31,5	4500	29,4
30	41	1530	34,7	3030	31,4	4530	29,3
60	40	1560	34,6	3060	31,4	4560	29,3
90	39,9	1590	34,5	3090	31,3	4590	29,3
120	39,6	1620	34,5	3120	31,2	4620	29,2
150	39,4	1650	34,2	3150	31,2	4650	29,3
180	39,3	1680	34,1	3180	31,2	4680	29,3
210	38,9	1710	34,1	3210	31,1	4710	29,2
240	38,9	1740	34,1	3240	31,2	4740	29,1
270	38,5	1770	34	3270	31,1	4770	29,1
300	38,5	1800	33,9	3300	31	4800	29,1
330	38,3	1830	33,9	3330	30,9	4830	29
360	38,2	1860	33,8	3360	30,9	4860	29
390	38	1890	33,8	3390	30,9	4890	29
420	37,9	1920	33,6	3420	30,9	4920	29
450	37,8	1950	33,5	3450	30,9	4950	29
480	37,7	1980	33,6	3480	30,8	4980	29
510	37,6	2010	33,5	3510	30,7	5010	28,8
540	37,3	2040	33,4	3540	30,7	5040	28,8
570	37,3	2070	33,3	3570	30,6	5070	28,8
600	37,2	2100	33,4	3600	30,6	5100	28,8
630	37,2	2130	33,2	3630	30,5	5130	28,8
660	37	2160	33	3660	30,4	5160	28,7
690	36,9	2190	33,1	3690	30,4	5190	28,7
720	36,8	2220	33,1	3720	30,4	5220	28,7
750	36,7	2250	33	3750	30,4	5250	28,6
780	36,7	2280	32,9	3780	30,4	5280	28,6
810	36,5	2310	32,8	3810	30,4	5310	28,5
840	36,5	2340	32,8	3840	30,3	5340	28,5
870	36,4	2370	32,7	3870	30,2	5370	28,5
900	36,2	2400	32,5	3900	30,2	5400	28,5
930	36,2	2430	32,5	3930	30,2	5430	28,5
960	36,2	2460	32,4	3960	30,2	5460	28,4
990	36,1	2490	32,4	3990	30,1	5490	28,4
1020	36	2520	32,3	4020	30,1	5520	28,4
1050	35,8	2550	32,2	4050	30,1	5550	28,4
1080	35,8	2580	32,4	4080	30,1	5580	28,3
1110	35,8	2610	32,3	4110	30	5610	28,3
1140	35,7	2640	32,2	4140	29,9	5640	28,3
1170	35,6	2670	32,2	4170	29,9	5670	28,2
1200	35,6	2700	32,1	4200	29,8	5700	28,2
1230	35,5	2730	32	4230	29,9	5730	28,1
1260	35	2760	32	4260	29,8	5760	28,1
1290	35,3	2790	31,9	4290	29,6	5790	28,1
1320	35,3	2820	32	4320	29,6	5820	28
1350	35,3	2850	31,9	4350	29,6	5850	28
1380	35	2880	31,9	4380	29,5	5880	28
1410	35	2910	31,8	4410	29,5	5910	28
1440	35	2940	31,8	4440	29,5	5940	28
1470	34,8	2970	31,5	4470	29,5	5970	27,9

Soro rígido - 250 mililitros							
Temperatura ambiente: 25,5 °C				Umidade: 43%			
Temperatura display do FMO adaptado: 24 °C				Temperatura Inicial do Soro: 25 °C			
Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura
6000	27,9	7500	27	9000	26,3	10500	25,7
6030	27,9	7530	26,9	9030	26,3	10530	25,7
6060	27,9	7560	26,9	9060	26,3	10560	25,6
6090	27,8	7590	26,9	9090	26,3	10590	25,5
6120	27,8	7620	26,9	9120	26,3	10620	25,5
6150	27,8	7650	26,9	9150	26,3	10650	25,5
6180	27,7	7680	26,9	9180	26,3	10680	25,5
6210	27,7	7710	26,9	9210	26,3	10710	25,5
6240	27,7	7740	26,8	9240	26,3	10740	25,4
6270	27,7	7770	26,7	9270	26,2	10770	25,4
6300	27,7	7800	26,8	9300	26,2	10800	25,4
6330	27,7	7830	26,7	9330	26,1	10830	25,3
6360	27,7	7860	26,7	9360	26,1	10860	25,3
6390	27,6	7890	26,8	9390	26,1	10890	25,3
6420	27,6	7920	26,7	9420	26,1	10920	25,3
6450	27,6	7950	26,8	9450	26,1	10950	25,2
6480	27,5	7980	26,7	9480	26,2	10980	25,2
6510	27,5	8010	26,7	9510	26	11010	25,2
6540	27,5	8040	26,7	9540	26,1	11040	25,1
6570	27,5	8070	26,6	9570	26	11070	25,1
6600	27,5	8100	26,6	9600	26	11100	25,1
6630	27,5	8130	26,6	9630	26	11130	25
6660	27,5	8160	26,5	9660	25,9	11160	25
6690	27,5	8190	26,6	9690	26	11190	25
6720	27,4	8220	26,6	9720	26	11220	25
6750	27,4	8250	26,6	9750	26	11250	25
6780	27,4	8280	26,6	9780	26	11280	25
6810	27,4	8310	26,6	9810	26	11310	25
6840	27,3	8340	26,5	9840	26	11340	25
6870	27,3	8370	26,5	9870	26	11370	25
6900	27,3	8400	26,5	9900	25,9	11400	25
6930	27,3	8430	26,5	9930	25,8	11430	25
6960	27,3	8460	26,5	9960	25,9	11460	25
6990	27,2	8490	26,5	9990	25,9	10500	25,7
7020	27,2	8520	26,5	10020	25,7	10530	25,7
7050	27,2	8550	26,4	10050	26	10560	25,6
7080	27,2	8580	26,4	10080	25,8	10590	25,5
7110	27,2	8610	26,4	10110	25,9	10620	25,5
7140	27,1	8640	26,4	10140	25,7	10650	25,5
7170	27,1	8670	26,4	10170	25,6	10680	25,5
7200	27,1	8700	26,4	10200	25,7	10710	25,5
7230	27,1	8730	26,4	10230	25,7	10740	25,4
7260	27,1	8760	26,3	10260	25,8	10770	25,4
7290	27,1	8790	26,3	10290	25,7	10800	25,4
7320	27,1	8820	26,3	10320	25,9	10830	25,3
7350	27	8850	26,3	10350	25,5	10860	25,3
7380	27	8880	26,3	10380	25,4	10890	25,3
7410	27	8910	26,3	10410	25,7	10920	25,3
7440	27	8940	26,3	10440	25,5	10950	25,2
7470	26,9	8970	26,3	10470	25,8	10980	25,2



Soro flexível - 250 mililitros							
Temperatura ambiente: 25,5 °C				Umidade: 42%			
Temperatura display do FMO adaptado: 24 °C				Temperatura Inicial do Soro: 25 °C			
Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura
0	41,7	1500	34,6	3000	31,4	4500	29,2
30	41,5	1530	34,6	3030	31,4	4530	29,2
60	40,8	1560	34,5	3060	31,2	4560	29,2
90	40,6	1590	34,4	3090	31,4	4590	29,2
120	40,4	1620	34,4	3120	31,3	4620	29,1
150	39,6	1650	34,6	3150	31,3	4650	28,7
180	39,1	1680	34,6	3180	31,2	4680	28,7
210	39	1710	34,4	3210	31,2	4710	29,1
240	38,8	1740	34,4	3240	30,7	4740	28,8
270	38,7	1770	34,1	3270	30,7	4770	28,8
300	38,6	1800	34,1	3300	30,7	4800	28,7
330	38,6	1830	33,7	3330	30,9	4830	28,7
360	38,6	1860	33,7	3360	30,8	4860	28,6
390	38,6	1890	33,5	3390	30,8	4890	28,7
420	38,6	1920	33,9	3420	30,5	4920	28,5
450	38,1	1950	33,7	3450	30,5	4950	28,5
480	38,1	1980	33,3	3480	30,6	4980	28,4
510	38	2010	33,3	3510	30,6	5010	28,4
540	37,9	2040	33,5	3540	30,4	5040	28,5
570	37,7	2070	33,4	3570	30,3	5070	28,4
600	37,7	2100	33,2	3600	30,2	5100	28,3
630	37,4	2130	33,3	3630	30,4	5130	28,3
660	37,4	2160	33,2	3660	30,3	5160	28,3
690	37,4	2190	32,8	3690	30,2	5190	28,3
720	37,4	2220	32,7	3720	30	5220	28,2
750	37,3	2250	32,9	3750	30	5250	28,3
780	37	2280	32,7	3780	30	5280	28,2
810	37,1	2310	32,7	3810	30	5310	28,2
840	36,8	2340	32,5	3840	29,9	5340	28,2
870	36,8	2370	32,6	3870	30	5370	28,1
900	36,6	2400	32,6	3900	30	5400	28,1
930	36,6	2430	32,4	3930	29,8	5430	28,1
960	36,3	2460	32,4	3960	29,5	5460	28
990	36	2490	32,3	3990	29,6	5490	27,9
1020	36,1	2520	32,4	4020	29,5	5520	27,9
1050	36,3	2550	32,4	4050	29,5	5550	28
1080	36	2580	32	4080	29,4	5580	28
1110	35,9	2610	31,9	4110	29,4	5610	27,9
1140	35,8	2640	32,1	4140	29,4	5640	27,8
1170	35,7	2670	31,9	4170	29,3	5670	27,9
1200	35,7	2700	32,2	4200	29,5	5700	27,9
1230	35,4	2730	32,1	4230	29,4	5730	28
1260	35,3	2760	31,9	4260	29,3	5760	27,9
1290	35,2	2790	31,8	4290	29,5	5790	27,8
1320	35,2	2820	31,6	4320	29,2	5820	27,7
1350	35,1	2850	31,6	4350	29,4	5850	27,7
1380	35,3	2880	31,6	4380	29,4	5880	27,7
1410	35	2910	31,6	4410	29,2	5910	27,7
1440	34,7	2940	31,4	4440	29,2	5940	27,7
1470	34,7	2970	31,6	4470	29,2	5970	27,7

Soro flexível - 250 mililitros							
Temperatura ambiente: 25,5 °C				Umidade: 42%			
Temperatura display do FMO adaptado: 24 °C				Temperatura Inicial do Soro: 25 °C			
Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura
6000	27,4	7500	26,5	9000	25	10500	25
6030	27,4	7530	26,7	9030	25	10530	25
6060	27,4	7560	26,7	9060	25	10560	25
6090	27,4	7590	26,6	9090	25	10590	25
6120	27,4	7620	26,7	9120	25	10620	25
6150	27,4	7650	26,5	9150	25	10650	25
6180	27,4	7680	26,6	9180	25	10680	25
6210	27,4	7710	26,4	9210	25	10710	25
6240	27,3	7740	26,4	9240	25	10740	25
6270	27,2	7770	26,5	9270	25	10770	25
6300	27,2	7800	26,4	9300	25	10800	25
6330	27,2	7830	26,5	9330	25	10830	25
6360	27,2	7860	26,5	9360	25	10860	25
6390	27,5	7890	26,4	9390	25	10890	25
6420	27,4	7920	26,5	9420	25	10920	25
6450	27,3	7950	26,4	9450	25	10950	25
6480	27,3	7980	26,4	9480	25	10980	25
6510	27,2	8010	26,4	9510	25	11010	25
6540	27,2	8040	26,4	9540	25	11040	25
6570	27,2	8070	26,4	9570	25	11070	25
6600	27,1	8100	26,3	9600	25	11100	25
6630	27,1	8130	26,3	9630	25	11130	25
6660	27	8160	26,3	9660	25	11160	25
6690	27	8190	26,2	9690	25	11190	25
6720	27	8220	26,2	9720	25	11220	25
6750	27	8250	26,2	9750	25	11250	25
6780	26,9	8280	26,1	9780	25	11280	25
6810	26,9	8310	26,3	9810	25	11310	25
6840	27	8340	26,2	9840	25	11340	25
6870	26,9	8370	26,1	9870	25	11370	25
6900	27	8400	26,2	9900	25	11400	25
6930	27	8430	26,2	9930	25	11430	25
6960	26,9	8460	26,1	9960	25	11460	25
6990	27	8490	25	9990	25		
7020	26,9	8520	25	10020	25		
7050	26,8	8550	25	10050	25		
7080	26,8	8580	25	10080	25		
7110	27	8610	25	10110	25		
7140	27	8640	25	10140	25		
7170	26,8	8670	25	10170	25		
7200	26,7	8700	25	10200	25		
7230	26,7	8730	25	10230	25		
7260	26,9	8760	25	10260	25		
7290	26,7	8790	25	10290	25		
7320	26,7	8820	25	10320	25		
7350	26,8	8850	25	10350	25		
7380	26,6	8880	25	10380	25		
7410	26,7	8910	25	10410	25		
7440	26,6	8940	25	10440	25		
7470	26,8	8970	25	10470	25		

Soro rígido - 500 mililitros							
Temperatura ambiente: 25,5 °C				Umidade: 43%			
Temperatura display do FMO adaptado: 24 °C				Temperatura Inicial do Soro: 24 °C			
Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura
0	41,2	1500	36,3	3000	33,5	4500	31,4
30	39,7	1530	36,2	3030	33,4	4530	31,3
60	39,5	1560	36,2	3060	33,4	4560	31,3
90	39,8	1590	36,1	3090	33,3	4590	31,3
120	39,7	1620	36	3120	33,3	4620	31,3
150	39,6	1650	36	3150	33,1	4650	31,2
180	39,5	1680	36	3180	33,1	4680	31,2
210	39,4	1710	35,9	3210	33,1	4710	31,2
240	39,3	1740	35,8	3240	33,1	4740	31,2
270	39,1	1770	35,8	3270	33	4770	31,1
300	39,1	1800	35,7	3300	32,9	4800	31,1
330	39,3	1830	35,7	3330	32,8	4830	31,1
360	39	1860	35,6	3360	32,8	4860	31
390	38,9	1890	35,5	3390	32,7	4890	31
420	38,8	1920	35,5	3420	32,7	4920	30,9
450	38,7	1950	35,4	3450	32,6	4950	30,9
480	38,7	1980	35,3	3480	32,6	4980	30,9
510	38,7	2010	35,2	3510	32,6	5010	30,8
540	38,6	2040	35,2	3540	32,6	5040	30,7
570	38,5	2070	35,1	3570	32,5	5070	30,7
600	38,4	2100	35,1	3600	32,5	5100	30,7
630	38,3	2130	35	3630	32,5	5130	30,6
660	38,3	2160	34,9	3660	32,4	5160	30,6
690	38,3	2190	34,9	3690	32,4	5190	30,6
720	38,1	2220	34,8	3720	32,4	5220	30,6
750	38,1	2250	34,8	3750	32,4	5250	30,6
780	38	2280	34,7	3780	32,3	5280	30,6
810	38	2310	34,7	3810	32,3	5310	30,6
840	37,9	2340	34,6	3840	32,2	5340	30,6
870	37,8	2370	34,5	3870	32,2	5370	30,5
900	37,7	2400	34,5	3900	32,2	5400	30,5
930	37,6	2430	34,4	3930	32,2	5430	30,5
960	37,5	2460	34,4	3960	32,1	5460	30,4
990	37,5	2490	34,4	3990	32,1	5490	30,3
1020	37,4	2520	34,3	4020	32,1	5520	30,3
1050	37,3	2550	34,2	4050	32,1	5550	30,3
1080	37,3	2580	34,1	4080	32,1	5580	30,3
1110	37,2	2610	34,1	4110	32	5610	30,3
1140	37,1	2640	34,1	4140	32	5640	30,2
1170	37,0	2670	34	4170	31,9	5670	30,2
1200	36,9	2700	33,9	4200	31,8	5700	30,2
1230	36,8	2730	33,9	4230	31,8	5730	30,2
1260	36,7	2760	33,8	4260	31,7	5760	30,2
1290	36,7	2790	33,8	4290	31,7	5790	30,1
1320	36,6	2820	33,8	4320	31,7	5820	30,1
1350	36,5	2850	33,7	4350	31,6	5850	30
1380	36,5	2880	33,7	4380	31,6	5880	30
1410	36,4	2910	33,6	4410	31,5	5910	29,9
1440	36,4	2940	33,6	4440	31,4	5940	29,9
1470	36,3	2970	33,5	4470	31,4	5970	29,9

Soro rígido - 500 mililitros							
Temperatura ambiente: 25,5 °C				Umidade: 43%			
Temperatura display do FMO adaptado: 24 °C				Temperatura Inicial do Soro: 24 °C			
Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura
6000	29,9	7500	28,6	9000	27,7	10500	27
6030	29,9	7530	28,6	9030	27,7	10530	27
6060	29,9	7560	28,5	9060	27,7	10560	27
6090	29,8	7590	28,5	9090	27,7	10590	26,9
6120	29,8	7620	28,4	9120	27,7	10620	26,9
6150	29,7	7650	28,4	9150	27,7	10650	26,9
6180	29,7	7680	28,4	9180	27,7	10680	26,9
6210	29,7	7710	28,4	9210	27,6	10710	26,9
6240	29,7	7740	28,5	9240	27,6	10740	26,9
6270	29,7	7770	28,5	9270	27,6	10770	26,9
6300	29,6	7800	28,3	9300	27,6	10800	26,9
6330	29,6	7830	28,3	9330	27,5	10830	26,9
6360	29,5	7860	28,3	9360	27,5	10860	26,9
6390	29,5	7890	28,3	9390	27,5	10890	26,8
6420	29,4	7920	28,3	9420	27,4	10920	26,8
6450	29,4	7950	28,3	9450	27,4	10950	26,8
6480	29,4	7980	28,3	9480	27,4	10980	26,8
6510	29,4	8010	28,2	9510	27,3	11010	26,8
6540	29,4	8040	28,2	9540	27,3	11040	26,8
6570	29,4	8070	28,2	9570	27,3	11070	26,8
6600	29,4	8100	28,2	9600	27,3	11100	26,8
6630	29,4	8130	28,1	9630	27,3	11130	26,7
6660	29,3	8160	28,1	9660	27,3	11160	26,7
6690	29,3	8190	28,1	9690	27,3	11190	26,7
6720	29,2	8220	28,1	9720	27,2	11220	26,7
6750	29,1	8250	28,1	9750	27,2	11250	26,7
6780	29,1	8280	28,1	9780	27,2	11280	26,7
6810	29,1	8310	28,1	9810	27,2	11310	26,7
6840	29,1	8340	28,1	9840	27,2	11340	26,7
6870	29	8370	28,1	9870	27,1	11370	26,7
6900	29	8400	28,1	9900	27,1	11400	26,7
6930	29	8430	28	9930	27,1	11430	26,6
6960	29	8460	28	9960	27,1	11460	26,6
6990	29	8490	28	9990	27,1	11490	26,6
7020	29	8520	28	10020	27,1	11520	26,6
7050	29	8550	27,9	10050	27,1	11550	26,6
7080	28,9	8580	27,9	10080	27,1	11580	26,6
7110	28,9	8610	27,8	10110	27,1	11610	26,6
7140	28,8	8640	27,8	10140	27,1	11640	26,6
7170	28,8	8670	27,8	10170	27,1	11670	26,6
7200	28,8	8700	27,8	10200	27	11700	26,6
7230	28,8	8730	27,8	10230	27	11730	26,6
7260	28,8	8760	27,8	10260	27	11760	26,6
7290	28,7	8790	27,8	10290	27	11790	26,6
7320	28,7	8820	27,8	10320	27	11820	26,6
7350	28,6	8850	27,8	10350	27	11850	26,6
7380	28,6	8880	27,8	10380	27	11880	26,6
7410	28,6	8910	27,7	10410	27	11910	26,6
7440	28,6	8940	27,7	10440	27	11940	26,6
7470	28,6	8970	27,7	10470	27	11970	26,6

Soro rígido - 500 mililitros							
Temperatura ambiente: 25,5 °C				Umidade: 43%			
Temperatura display do FMO adaptado: 24 °C				Temperatura Inicial do Soro: 24 °C			
Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura
12000	26,6	13500	26,2	15000	26	16500	26
12030	26,6	13530	26,2	15030	26	16530	26
12060	26,5	13560	26,2	15060	26	16560	26
12090	26,5	13590	26,2	15090	26	16590	26
12120	26,5	13620	26,2	15120	26	13620	25,9
12150	26,5	13650	26,2	15150	26	13650	25,9
12180	26,5	13680	26,1	15180	26	13680	25,9
12210	26,5	13710	26,1	15210	26	13710	25,9
12240	26,5	13740	26,1	15240	26	13740	25,9
12270	26,5	13770	26,1	15270	26	13770	25,9
12300	26,5	13800	26,1	15300	26	13800	25,9
12330	26,4	13830	26,1	15330	26	13830	25,9
12360	26,4	13860	26,1	15360	26	13860	25,9
12390	26,4	13890	26,1	15390	26	13890	25,9
12420	26,4	13920	26,1	15420	26	13920	25,9
12450	26,4	13950	26,1	15450	26	13950	25,9
12480	26,4	13980	26,1	15480	26	13980	25,9
12510	26,4	14010	26,1	15510	26	14010	25,9
12540	26,4	14040	26,1	15540	26	14040	25,9
12570	26,4	14070	26,1	15570	26	14070	25,9
12600	26,4	14100	26,1	15600	26	14100	25,9
12630	26,4	14130	26,1	15630	26	14130	25,9
12660	26,4	14160	26,1	15660	26	14160	25,9
12690	26,4	14190	26,1	15690	26	14190	25,9
12720	26,3	14220	26,1	15720	26	14220	25,9
12750	26,3	14250	26,1	15750	26	14250	25,9
12780	26,3	14280	26,1	15780	26	14280	25,9
12810	26,3	14310	26,1	15810	26	14310	25,9
12840	26,3	14340	26,1	15840	26	14340	25,8
12870	26,3	14370	26,1	15870	26	14370	25,8
12900	26,3	14400	26,1	15900	26	14400	25,8
12930	26,3	14430	26	15930	26	14430	25,8
12960	26,3	14460	26	15960	26	14460	25,8
12990	26,3	14490	26	15990	26	14490	25,8
13020	26,3	14520	26	16020	26	14520	25,8
13050	26,3	14550	26	16050	26	14550	25,8
13080	26,3	14580	26	16080	26	14580	25,8
13110	26,3	14610	26	16110	26	14610	25,8
13140	26,3	14640	26	16140	26	14640	25,8
13170	26,3	14670	26	16170	26	14670	25,8
13200	26,3	14700	26	16200	26	14700	25,8
13230	26,3	14730	26	16230	26	14730	25,8
13260	26,3	14760	26	16260	26	14760	25,7
13290	26,2	14790	26	16290	26	14790	25,7
13320	26,2	14820	26	16320	26	14820	25,7
13350	26,2	14850	26	16350	26	14850	25,7
13380	26,2	14880	26	16380	26	14880	25,7
13410	26,2	14910	26	16410	26	14910	25,7
13440	26,2	14940	26	16440	26	14940	25,7
13470	26,2	14970	26	16470	26	14970	25,7

Soro rígido - 500 mililitros							
Temperatura ambiente: 25,5 °C				Umidade: 43%			
Temperatura display do FMO adaptado: 24 °C				Temperatura Inicial do Soro: 24 °C			
Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura
15000	25,7	16500	25,5	18000	25,5	19500	25,5
15030	25,7	16530	25,5	18030	25,5	19530	25,5
15060	25,7	16560	25,5	18060	25,5	19560	25,5
15090	25,7	16590	25,5	18090	25,5	19590	25,5
15120	25,7	16620	25,5	18120	25,5	19620	25,5
15150	25,7	16650	25,5	18150	25,5	19650	25,5
15180	25,7	16680	25,5	18180	25,5	19680	25,5
15210	25,7	16710	25,5	18210	25,5	19710	25,5
15240	25,7	16740	25,5	18240	25,5	19740	25,5
15270	25,7	16770	25,5	18270	25,5	19770	25,5
15300	25,7	16800	25,5	18300	25,5	19800	25,5
15330	25,7	16830	25,5	18330	25,5	19830	25,5
15360	25,7	16860	25,5	18360	25,5	19860	25,5
15390	25,7	16890	25,5	18390	25,5	19890	25,5
15420	25,7	16920	25,5	18420	25,5	19920	25,5
15450	25,7	16950	25,5	18450	25,5	19950	25,5
15480	25,7	16980	25,5	18480	25,5	19980	25,5
15510	25,7	17010	25,5	18510	25,5	20010	25,5
15540	25,7	17040	25,5	18540	25,5	20040	25,5
15570	25,7	17070	25,5	18570	25,5	20070	25,5
15600	25,7	17100	25,5	18600	25,5	20100	25,5
15630	25,6	17130	25,5	18630	25,5	20130	25,5
15660	25,6	17160	25,5	18660	25,5	20160	25,5
15690	25,6	17190	25,5	18690	25,5	20190	25,5
15720	25,6	17220	25,5	18720	25,5	20220	25,5
15750	25,6	17250	25,5	18750	25,5	20250	25,5
15780	25,6	17280	25,5	18780	25,5	20280	25,5
15810	25,6	17310	25,5	18810	25,5		
15840	25,6	17340	25,5	18840	25,5		
15870	25,6	17370	25,5	18870	25,5		
15900	25,6	17400	25,5	18900	25,5		
15930	25,6	17430	25,5	18930	25,5		
15960	25,6	17460	25,5	18960	25,5		
15990	25,6	17490	25,5	18990	25,5		
16020	25,6	17520	25,5	19020	25,5		
16050	25,5	17550	25,5	19050	25,5		
16080	25,5	17580	25,5	19080	25,5		
16110	25,5	17610	25,5	19110	25,5		
16140	25,5	17640	25,5	19140	25,5		
16170	25,5	17670	25,5	19170	25,5		
16200	25,5	17700	25,5	19200	25,5		
16230	25,5	17730	25,5	19230	25,5		
16260	25,5	17760	25,5	19260	25,5		
16290	25,5	17790	25,5	19290	25,5		
16320	25,5	17820	25,5	19320	25,5		
16350	25,5	17850	25,5	19350	25,5		
16380	25,5	17880	25,5	19380	25,5		
16410	25,5	17910	25,5	19410	25,5		
16440	25,5	17940	25,5	19440	25,5		
16470	25,5	17970	25,5	19470	25,5		

Soro flexível - 500 mililitros							
Temperatura ambiente: 28 °C				Umidade: 39%			
Temperatura display do FMO adaptado: 24 °C				Temperatura Inicial do Soro: 24 °C			
Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura
0	40	1500	36,4	3000	33,6	4500	31,4
30	40	1530	36,3	3030	33,5	4530	31,4
60	39,9	1560	36,3	3060	33,5	4560	31,4
90	39,9	1590	36,2	3090	33,4	4590	31,3
120	39,8	1620	36,2	3120	33,4	4620	31,3
150	39,7	1650	36,1	3150	33,3	4650	31,3
180	39,6	1680	36	3180	33,3	4680	31,3
210	39,5	1710	36	3210	33,1	4710	31,2
240	39,4	1740	36	3240	33,1	4740	31,2
270	39,3	1770	35,9	3270	33,1	4770	31,2
300	39,3	1800	35,8	3300	33,1	4800	31,2
330	39,1	1830	35,8	3330	33	4830	31,1
360	39,1	1860	35,7	3360	32,9	4860	31,1
390	39,1	1890	35,7	3390	32,8	4890	31,1
420	39	1920	35,6	3420	32,8	4920	31
450	38,9	1950	35,5	3450	32,7	4950	31
480	38,8	1980	35,5	3480	32,7	4980	30,9
510	38,7	2010	35,4	3510	32,6	5010	30,9
540	38,7	2040	35,3	3540	32,6	5040	30,9
570	38,7	2070	35,2	3570	32,6	5070	30,8
600	38,6	2100	35,2	3600	32,6	5100	30,7
630	38,5	2130	35,1	3630	32,5	5130	30,7
660	38,4	2160	35,1	3660	32,5	5160	30,7
690	38,3	2190	35	3690	32,5	5190	30,6
720	38,3	2220	34,9	3720	32,4	5220	30,6
750	38,3	2250	34,9	3750	32,4	5250	30,6
780	38,1	2280	34,8	3780	32,4	5280	30,6
810	38,1	2310	34,8	3810	32,4	5310	30,6
840	38	2340	34,7	3840	32,3	5340	30,6
870	38	2370	34,7	3870	32,3	5370	30,6
900	37,9	2400	34,6	3900	32,2	5400	30,6
930	37,8	2430	34,5	3930	32,2	5430	30,5
960	37,7	2460	34,5	3960	32,2	5460	30,5
990	37,6	2490	34,4	3990	32,2	5490	30,5
1020	37,5	2520	34,4	4020	32,1	5520	30,4
1050	37,5	2550	34,4	4050	32,1	5550	30,3
1080	37,4	2580	34,3	4080	32,1	5580	30,3
1110	37,3	2610	34,2	4110	32,1	5610	30,3
1140	37,3	2640	34,1	4140	32,1	5640	30,3
1170	37,2	2670	34,1	4170	32	5670	30,3
1200	37,1	2700	34,1	4200	32	5700	30,2
1230	37	2730	34	4230	31,9	5730	30,2
1260	36,9	2760	33,9	4260	31,8	5760	30,2
1290	36,8	2790	33,9	4290	31,8	5790	30,2
1320	36,7	2820	33,8	4320	31,7	5820	30,2
1350	36,7	2850	33,8	4350	31,7	5850	30,1
1380	36,6	2880	33,8	4380	31,7	5880	30,1
1410	36,5	2910	33,7	4410	31,6	5910	30
1440	36,5	2940	33,7	4440	31,6	5940	30
1470	36,4	2970	33,6	4470	31,5	5970	29,9

Soro flexível - 500 mililitros							
Temperatura ambiente: 28 °C				Umidade: 39%			
Temperatura display do FMO adaptado: 24 °C				Temperatura Inicial do Soro: 24 °C			
Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura
6000	29,9	7500	28,6	9000	28	10500	28
6030	29,9	7530	28,6	9030	28	10530	28
6060	29,9	7560	28,6	9060	28	10560	28
6090	29,9	7590	28,6	9090	28	10590	28
6120	29,9	7620	28,5	9120	28	10620	28
6150	29,8	7650	28,5	9150	28	10650	28
6180	29,8	7680	28,4	9180	28	10680	28
6210	29,7	7710	28,4	9210	28	10710	28
6240	29,7	7740	28,4	9240	28	10800	28
6270	29,7	7770	28,4	9270	28	10830	28
6300	29,7	7800	28,5	9300	28	10860	28
6330	29,7	7830	28,5	9330	28	10890	28
6360	29,6	7860	28,3	9360	28	10920	28
6390	29,6	7890	28,3	9390	28	10950	28
6420	29,5	7920	28,3	9420	28	10980	28
6450	29,5	7950	28,3	9450	28	11010	28
6480	29,4	7980	28,3	9480	28	11040	28
6510	29,4	8010	28,3	9510	28	11070	28
6540	29,4	8040	28,3	9540	28	11100	28
6570	29,4	8070	28,2	9570	28	11130	28
6600	29,4	8100	28,2	9600	28	11160	28
6630	29,4	8130	28,2	9630	28	11190	28
6660	29,4	8160	28,2	9660	28	11220	28
6690	29,4	8190	28,1	9690	28	11250	28
6720	29,3	8220	28,1	9720	28	11280	28
6750	29,3	8250	28,1	9750	28	11310	28
6780	29,2	8280	28,1	9780	28	11340	28
6810	29,1	8310	28,1	9810	28	11370	28
6840	29,1	8340	28,1	9840	28	11400	28
6870	29,1	8370	28,1	9870	28	11430	28
6900	29,1	8400	28,1	9900	28	11460	28
6930	29	8430	28,1	9930	28	11490	28
6960	29	8460	28,1	9960	28	11520	28
6990	29	8490	28	9990	28	11550	28
7020	29	8520	28	10020	28	11580	28
7050	29	8550	28	10050	28	11610	28
7080	29	8580	28	10080	28	11640	28
7110	29	8610	28	10110	28	11670	28
7140	28,9	8640	28	10140	28	11700	28
7170	28,9	8670	28	10170	28	11730	28
7200	28,8	8700	28	10200	28	11760	28
7230	28,8	8730	28	10230	28	11790	28
7260	28,8	8760	28	10260	28	11820	28
7290	28,8	8790	28	10290	28	11850	28
7320	28,8	8820	28	10320	28	11880	28
7350	28,7	8850	28	10350	28	11910	28
7380	28,7	8880	28	10380	28	11940	28
7410	28,6	8910	28	10410	28	11970	28
7440	28,6	8940	28	10440	28	12000	28
7470	28,6	8970	28	10470	28	12030	28



Soro rígido - 1000 mililitros							
Temperatura ambiente: 25,1 °C				Umidade: 42%			
Temperatura display do FMO adaptado: 24 °C				Temperatura Inicial do Soro: 24 °C			
Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura
0	41,1	1500	37,6	3000	34,7	4500	32,4
30	40,9	1530	37,6	3030	34,6	4530	32,3
60	40,8	1560	37,5	3060	34,6	4560	32,2
90	40,7	1590	37,4	3090	34,6	4590	32,1
120	40,7	1620	37,3	3120	34,5	4620	32
150	40,6	1650	37,2	3150	34,5	4650	32
180	40,5	1680	37,1	3180	34,5	4680	32
210	40,4	1710	37	3210	34,5	4710	32
240	40,3	1740	36,9	3240	34,4	4740	32
270	40,2	1770	36,8	3270	34,4	4770	31,9
300	40,1	1800	36,8	3300	34,4	4800	31,9
330	40	1830	36,8	3330	34,4	4830	31,8
360	40	1860	36,7	3360	34,3	4860	31,8
390	40	1890	36,7	3390	34,3	4890	31,7
420	39,9	1920	36,6	3420	34,3	4920	31,7
450	39,9	1950	36,6	3450	34,3	4950	31,7
480	39,8	1980	36,6	3480	34,2	4980	31,7
510	39,7	2010	36,5	3510	34,2	5010	31,7
540	39,5	2040	36,5	3540	34,1	5040	31,7
570	39,4	2070	36,5	3570	34,1	5070	31,6
600	39,3	2100	36,4	3600	34,1	5100	31,6
630	39,2	2130	36,4	3630	34	5130	31,6
660	39,1	2160	36,3	3660	34	5160	31,5
690	39,1	2190	36,2	3690	34	5190	31,5
720	39	2220	36,2	3720	33,9	5220	31,4
750	39	2250	36,1	3750	33,9	5250	31,4
780	38,9	2280	36	3780	33,8	5280	31,3
810	38,9	2310	36	3810	33,7	5310	31,3
840	38,9	2340	36	3840	33,7	5340	31,2
870	38,8	2370	35,9	3870	33,6	5370	31,2
900	38,8	2400	35,8	3900	33,5	5400	31,1
930	38,7	2430	35,7	3930	33,5	5430	31
960	38,6	2460	35,6	3960	33,6	5460	30,9
990	38,5	2490	35,6	3990	33,6	5490	30,8
1020	38,4	2520	35,5	4020	33,4	5520	30,7
1050	38,3	2550	35,5	4050	33,4	5550	30,6
1080	38,2	2580	35,4	4080	33,3	5580	30,6
1110	38,1	2610	35,4	4110	33,3	5610	30,5
1140	38,1	2640	35,3	4140	33,2	5640	30,5
1170	38	2670	35,3	4170	33,2	5670	30,5
1200	38	2700	35,3	4200	33,1	5700	30,4
1230	38	2730	35,3	4230	33,1	5730	30,4
1260	38	2760	35,2	4260	33,1	5760	30,4
1290	37,9	2790	35,1	4290	33	5790	30,3
1320	37,9	2820	35	4320	33	5820	30,3
1350	37,8	2850	34,9	4350	32,9	5850	30,2
1380	37,8	2880	34,9	4380	32,8	5880	30,1
1410	37,8	2910	34,8	4410	32,7	5910	30
1440	37,7	2940	34,8	4440	32,6	5940	30
1470	37,7	2970	34,7	4470	32,5	5970	30

Soro rígido - 1000 mililitros							
Temperatura ambiente: 25,1 °C				Umidade: 42%			
Temperatura display do FMO adaptado: 24 °C				Temperatura Inicial do Soro: 24 °C			
Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura
6000	29,9	7500	29,3	9000	28,5	10500	27,6
6030	29,9	7530	29,3	9030	28,5	10530	27,5
6060	29,9	7560	29,3	9060	28,5	10560	27,5
6090	29,9	7590	29,3	9090	28,4	10590	27,5
6120	29,8	7620	29,3	9120	28,4	10620	27,5
6150	29,8	7650	29,2	9150	28,4	10650	27,5
6180	29,8	7680	29,2	9180	28,4	10680	27,5
6210	29,8	7710	29,2	9210	28,4	10710	27,5
6240	29,7	7740	29,2	9240	28,3	10740	27,4
6270	29,7	7770	29,2	9270	28,3	10770	27,4
6300	29,7	7800	29,2	9300	28,3	10800	27,4
6330	29,7	7830	29,2	9330	28,3	10830	27,4
6360	29,7	7860	29,2	9360	28,3	10860	27,4
6390	29,7	7890	29,2	9390	28,2	10890	27,4
6420	29,6	7920	29,2	9420	28,2	10920	27,4
6450	29,6	7950	29,2	9450	28,2	10950	27,4
6480	29,6	7980	29,2	9480	28,2	10980	27,3
6510	29,6	8010	29,1	9510	28,2	11010	27,3
6540	29,6	8040	29,1	9540	28,2	11040	27,3
6570	29,6	8070	29,1	9570	28,1	11070	27,3
6600	29,6	8100	29,1	9600	28,1	11100	27,3
6630	29,5	8130	29,1	9630	28,1	11130	27,3
6660	29,5	8160	29	9660	28,1	11160	27,3
6690	29,5	8190	29	9690	28	11190	27,3
6720	29,5	8220	29	9720	28	11220	27,3
6750	29,5	8250	29	9750	28	11250	27,2
6780	29,5	8280	29	9780	28	11280	27,2
6810	29,5	8310	29	9810	28	11310	27,2
6840	29,5	8340	28,9	9840	28	11340	27,2
6870	29,5	8370	28,9	9870	28	11370	27,2
6900	29,4	8400	28,9	9900	27,9	11400	27,1
6930	29,4	8430	28,9	9930	27,9	11430	27,1
6960	29,4	8460	28,9	9960	27,9	11460	27,1
6990	29,4	8490	28,8	9990	27,9	11490	27,1
7020	29,4	8520	28,8	10020	27,8	11520	27,1
7050	29,4	8550	28,8	10050	27,8	11550	27
7080	29,4	8580	28,8	10080	27,8	11580	27
7110	29,4	8610	28,8	10110	27,8	11610	27
7140	29,4	8640	28,7	10140	27,7	11640	27
7170	29,4	8670	28,7	10170	27,7	11670	27
7200	29,3	8700	28,7	10200	27,7	11700	27
7230	29,3	8730	28,7	10230	27,7	11730	26,9
7260	29,3	8760	28,7	10260	27,7	11760	26,9
7290	29,3	8790	28,6	10290	27,6	11790	26,9
7320	29,3	8820	28,6	10320	27,6	11820	26,9
7350	29,3	8850	28,6	10350	27,6	11850	26,9
7380	29,3	8880	28,6	10380	27,6	11880	26,9
7410	29,3	8910	28,6	10410	27,6	11910	26,9
7440	29,3	8940	28,5	10440	27,6	11940	26,9
7470	29,3	8970	28,5	10470	27,6	11970	26,8

Soro rígido - 1000 mililitros							
Temperatura ambiente: 25,1 °C				Umidade: 42%			
Temperatura display do FMO adaptado: 24 °C				Temperatura Inicial do Soro: 24 °C			
Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura
12000	26,8	13500	26,2	15000	26,1	16500	25,9
12030	26,8	13530	26,2	15030	26,1	16530	25,9
12060	26,8	13560	26,2	15060	26,1	16560	25,9
12090	26,8	13590	26,2	15090	26,1	16590	25,9
12120	26,8	13620	26,2	15120	26,1	16620	25,9
12150	26,8	13650	26,2	15150	26,1	16650	25,9
12180	26,8	13680	26,2	15180	26,1	16680	25,9
12210	26,8	13710	26,2	15210	26,1	16710	25,9
12240	26,8	13740	26,2	15240	26,1	16740	25,9
12270	26,6	13770	26,2	15270	26,1	16770	25,9
12300	26,6	13800	26,2	15300	26,1	16800	25,9
12330	26,6	13830	26,2	15330	26,1	16830	25,7
12360	26,6	13860	26,2	15360	26	16860	25,7
12390	26,6	13890	26,2	15390	26	16890	25,7
12420	26,6	13920	26,2	15420	26	16920	25,7
12450	26,6	13950	26,2	15450	26	16950	25,7
12480	26,6	13980	26,2	15480	26	16980	25,7
12510	26,6	14010	26,2	15510	26	17010	25,7
12540	26,6	14040	26,2	15540	26	17040	25,7
12570	26,4	14070	26,2	15570	26	17070	25,7
12600	26,4	14100	26,2	15600	26	17100	25,7
12630	26,4	14130	26,2	15630	26	17130	25,7
12660	26,4	14160	26,2	15660	26	17160	25,7
12690	26,4	14190	26,2	15690	26	17190	25,7
12720	26,4	14220	26,2	15720	26	17220	25,7
12750	26,4	14250	26,2	15750	26	17250	25,7
12780	26,4	14280	26,2	15780	26	17280	25,7
12810	26,4	14310	26,2	15810	26	17310	25,7
12840	26,3	14340	26,2	15840	26	17340	25,7
12870	26,3	14370	26,2	15870	26	17370	25,7
12900	26,3	14400	26,2	15900	26	17400	25,7
12930	26,3	14430	26,1	15930	26	17430	25,7
12960	26,3	14460	26,1	15960	26	17460	25,7
12990	26,3	14490	26,1	15990	26	17490	25,7
13020	26,3	14520	26,1	16020	26	17520	25,7
13050	26,3	14550	26,1	16050	26	17550	25,7
13080	26,3	14580	26,1	16080	26	17580	25,7
13110	26,3	14610	26,1	16110	26	17610	25,7
13140	26,3	14640	26,1	16140	26	17640	25,7
13170	26,3	14670	26,1	16170	26	17670	25,7
13200	26,3	14700	26,1	16200	26	17700	25,7
13230	26,3	14730	26,1	16230	26	17730	25,7
13260	26,3	14760	26,1	16260	26	17760	25,7
13290	26,3	14790	26,1	16290	26	17790	25,7
13320	26,3	14820	26,1	16320	25,9	17820	25,7
13350	26,3	14850	26,1	16350	25,9	17850	25,7
13380	26,3	14880	26,1	16380	25,9	17880	25,7
13410	26,3	14910	26,1	16410	25,9	17910	25,7
13440	26,3	14940	26,1	16440	25,9	17940	25,7
13470	26,2	14970	26,1	16470	25,9	17970	25,7

Soro rígido - 1000 mililitros							
Temperatura ambiente: 25,1 °C				Umidade: 42%			
Temperatura display do FMO adaptado: 24 °C				Temperatura Inicial do Soro: 24 °C			
Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura
18000	25,7	19500	25,6	21000	25,6	22500	25,5
18030	25,7	19530	25,6	21030	25,6	22530	25,5
18060	25,7	19560	25,6	21060	25,6	22560	25,5
18090	25,7	19590	25,6	21090	25,6	22590	25,5
18120	25,7	19620	25,6	21120	25,6	22620	25,5
18150	25,7	19650	25,6	21150	25,6	22650	25,5
18180	25,7	19680	25,6	21180	25,6	22680	25,5
18210	25,7	19710	25,6	21210	25,6	22710	25,5
18240	25,7	19740	25,6	21240	25,6	22740	25,5
18270	25,7	19770	25,6	21270	25,6	22770	25,5
18300	25,7	19800	25,6	21300	25,6	22800	25,5
18330	25,7	19830	25,6	21330	25,6	22830	25,5
18360	25,7	19860	25,6	21360	25,6	22860	25,5
18390	25,7	19890	25,6	21390	25,6	22890	25,5
18420	25,7	19920	25,6	21420	25,6	22920	25,5
18450	25,7	19950	25,6	21450	25,6	22950	25,5
18480	25,7	19980	25,6	21480	25,6	22980	25,5
18510	25,7	20010	25,6	21510	25,6	23010	25,5
18540	25,7	20040	25,6	21540	25,6	23040	25,5
18570	25,7	20070	25,6	21570	25,6	23070	25,5
18600	25,6	20100	25,6	21600	25,6	23100	25,5
18630	25,6	20130	25,6	21630	25,6	23130	25,5
18660	25,6	20160	25,6	21660	25,6	23160	25,5
18690	25,6	20190	25,6	21690	25,6	23190	25,5
18720	25,6	20220	25,6	21720	25,6	23220	25,5
18750	25,6	20250	25,6	21750	25,6	23250	25,5
18780	25,6	20280	25,6	21780	25,6	23280	25,4
18810	25,6	20310	25,6	21810	25,5	23310	25,4
18840	25,6	20340	25,6	21840	25,5	23340	25,4
18870	25,6	20370	25,6	21870	25,5	23370	25,4
18900	25,6	20400	25,6	21900	25,5	23400	25,4
18930	25,6	20430	25,6	21930	25,5	23430	25,4
18960	25,6	20460	25,6	21960	25,5	23460	25,4
18990	25,6	20490	25,6	21990	25,5	23490	25,4
19020	25,6	20520	25,6	22020	25,5	23520	25,4
19050	25,6	20550	25,6	22050	25,5	23550	25,4
19080	25,6	20580	25,6	22080	25,5	23580	25,4
19110	25,6	20610	25,6	22110	25,5	23610	25,4
19140	25,6	20640	25,6	22140	25,5	23640	25,4
19170	25,6	20670	25,6	22170	25,5	23670	25,4
19200	25,6	20700	25,6	22200	25,5	23700	25,4
19230	25,6	20730	25,6	22230	25,5	23730	25,4
19260	25,6	20760	25,6	22260	25,5	23760	25,4
19290	25,6	20790	25,6	22290	25,5	23790	25,4
19320	25,6	20820	25,6	22320	25,5	23820	25,4
19350	25,6	20850	25,6	22350	25,5	23820	25,4
19380	25,6	20880	25,6	22380	25,5	23850	25,4
19410	25,6	20910	25,6	22410	25,5	23880	25,4
19440	25,6	20940	25,6	22440	25,5	23910	25,4
19470	25,6	20970	25,6	22470	25,5	23940	25,4

Soro rígido - 1000 mililitros							
Temperatura ambiente: 25,1 °C				Umidade: 42%			
Temperatura display do FMO adaptado: 24 °C				Temperatura Inicial do Soro: 24 °C			
Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura
23970	25,4	25470	25,3	26970	25,2	28270	25,1
24000	25,4	25500	25,3	27000	25,2	28300	25,1
24030	25,4	25530	25,3	27030	25,2	28330	25,1
24060	25,4	25560	25,2	27060	25,2	28360	25,1
24090	25,4	25590	25,2	27090	25,2	28390	25,1
24120	25,4	25620	25,2	27120	25,2	28420	25,1
24150	25,4	25650	25,2	27150	25,2	28420	25,1
24180	25,4	25680	25,2	27180	25,2	28450	25,1
24210	25,4	25710	25,2	27210	25,2	28480	25,1
24240	25,4	25740	25,2	27240	25,2	28510	25,1
24270	25,4	25770	25,2	27270	25,2	28540	25,1
24300	25,4	25800	25,2	27300	25,2	28570	25,1
24330	25,4	25830	25,2	27330	25,2	28600	25,1
24360	25,4	25860	25,2	27360	25,2	28630	25,1
24390	25,4	25890	25,2	27390	25,2	28660	25,1
24420	25,4	25920	25,2	27420	25,2	28690	25,1
24450	25,4	25950	25,2	27450	25,2	28720	25,1
24480	25,4	25980	25,2	27480	25,2	28750	25,1
24510	25,4	26010	25,2	27510	25,2	28780	25,1
24540	25,4	26040	25,2	27540	25,2	28810	25,1
24570	25,4	26070	25,2	27570	25,2	28840	25,1
24600	25,4	26100	25,2	27600	25,2		
24630	25,4	26130	25,2	27630	25,2		
24660	25,4	26160	25,2	27660	25,1		
24690	25,4	26190	25,2	27690	25,1		
24720	25,4	26220	25,2	27720	25,1		
24750	25,4	26250	25,2	27750	25,1		
24780	25,4	26280	25,2	27580	25,1		
24810	25,4	26310	25,2	27610	25,1		
24840	25,4	26340	25,2	27640	25,1		
24870	25,4	26370	25,2	27670	25,1		
24900	25,4	26400	25,2	27700	25,1		
24930	25,4	26430	25,2	27730	25,1		
24960	25,4	26460	25,2	27760	25,1		
24990	25,4	26490	25,2	27790	25,1		
25020	25,3	26520	25,2	27820	25,1		
25050	25,3	26550	25,2	27850	25,1		
25080	25,3	26580	25,2	27880	25,1		
25110	25,3	26610	25,2	27910	25,1		
25140	25,3	26640	25,2	27940	25,1		
25170	25,3	26670	25,2	27970	25,1		
25200	25,3	26700	25,2	28000	25,1		
25230	25,3	26730	25,2	28030	25,1		
25260	25,3	26760	25,2	28060	25,1		
25290	25,3	26790	25,2	28090	25,1		
25320	25,3	26820	25,2	28120	25,1		
25350	25,3	26850	25,2	28150	25,1		
25380	25,3	26880	25,2	28180	25,1		
25410	25,3	26910	25,2	28210	25,1		
25440	25,3	26940	25,2	28240	25,1		

Soro flexível - 1000 mililitros							
Temperatura ambiente: 25,1 °C				Umidade: 40%			
Temperatura display do FMO adaptado: 24 °C				Temperatura Inicial do Soro: 25,3 °C			
Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura
0	41,5	1500	38,7	3000	35,4	4590	31,9
30	41,4	1530	38,6	3030	35,4	4620	31,9
60	41,3	1560	38,5	3060	35,3	4650	31,8
90	41,3	1590	38,4	3090	35,2	4680	31,8
120	41,3	1620	38,3	3120	35,3	4710	31,8
150	41,3	1650	38,2	3150	35,2	4740	31,7
180	41,2	1680	38,1	3180	35,1	4770	31,7
210	41,2	1710	38,1	3210	35	4800	31,6
240	41,2	1740	38	3240	34,9	4830	31,6
270	41	1770	37,9	3270	34,8	4860	31,5
300	41	1800	37,8	3300	34,7	4890	31,5
330	41	1830	37,7	3330	34,6	4920	31,4
360	41	1860	37,6	3360	34,5	4950	31,4
390	40,9	1890	37,5	3390	34	4980	31,4
420	40,9	1920	37,4	3420	34	5010	31,3
450	40,9	1950	37,3	3450	33,9	5040	31,3
480	40,9	1980	37,2	3480	33,9	5070	31,3
510	40,8	2010	37,1	3510	33,9	5100	31,2
540	40,8	2040	37,1	3540	33,8	5130	31,2
570	40,8	2070	37	3570	33,7	5160	31,2
600	40,7	2100	37	3600	33,7	5190	31,1
630	40,6	2130	36,9	3630	33,6	5220	31,1
660	40,6	2160	36,9	3660	33,5	5250	31
690	40,5	2190	36,8	3690	33,5	5280	30,9
720	40,4	2220	36,7	3720	33,6	5310	30,8
750	40,3	2250	36,6	3750	33,6	5340	30,7
780	40,2	2280	36,5	3780	33,4	5370	30,6
810	40,1	2310	36,4	3900	33,2	5400	30,6
840	40,1	2340	36,3	3930	33,2	5430	30,5
870	40	2370	36,3	3960	33,1	5460	30,5
900	40	2400	36,2	3990	33,1	5490	30,4
930	39,9	2430	36,2	4020	33,1	5520	30,4
960	39,9	2460	36,2	4050	33	5550	30,4
990	39,8	2490	36,1	4080	33	5580	30,3
1020	39,7	2520	36,1	4110	33	5610	30,3
1050	39,7	2550	36,1	4140	32,9	5640	30,3
1080	39,6	2580	36	4170	32,9	5670	30,3
1110	39,5	2610	36	4200	32,9	5700	30,2
1140	39,4	2640	35,9	4230	32,9	5730	30,2
1170	39,3	2670	35,9	4260	32,8	5760	30
1200	39,2	2700	35,9	4290	32,8	5790	29,9
1230	39,1	2730	35,8	4320	32,7	5820	29,9
1260	39	2760	35,8	4350	32,7	5850	29,9
1290	38,9	2790	35,8	4380	32,6	5880	29,8
1320	38,8	2820	35,8	4410	32,6	5910	29,8
1350	38,9	2850	35,7	4440	32,5	5940	29,8
1380	38,9	2880	35,6	4470	32,4	5970	29,7
1410	38,9	2910	35,6	4500	32,3	6000	29,7
1440	38,8	2940	35,5	4530	32,2	6030	29,7
1470	38,8	2970	35,5	4560	32	6060	29,6

Soro flexível - 1000 mililitros							
Temperatura ambiente: 25,1 °C				Umidade: 40%			
Temperatura display do FMO adaptado: 24 °C				Temperatura Inicial do Soro: 25,3 °C			
Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura
6090	29,6	7590	28,9	9120	28,2	10620	27,1
6120	29,6	7620	28,9	9150	28,2	10650	27,1
6150	29,5	7650	28,9	9180	28,2	10680	27,1
6180	29,5	7680	28,9	9210	28,2	10710	27,1
6210	29,5	7710	28,9	9240	28,2	10740	27
6240	29,5	7740	28,9	9270	28,1	10770	27
6270	29,5	7770	28,9	9300	28,1	10800	27
6300	29,5	7800	28,9	9330	28,1	10830	27
6330	29,4	7830	28,9	9360	28,1	10860	27
6360	29,4	7860	28,9	9390	28	10890	27
6390	29,4	7890	28,8	9420	28	10920	27
6420	29,4	7920	28,8	9450	28	10950	27
6450	29,4	7950	28,8	9480	27,9	10980	27
6480	29,4	7980	28,8	9510	27,9	11010	26,9
6510	29,4	8010	28,8	9540	27,8	11040	26,9
6540	29,3	8040	28,8	9570	27,8	11070	26,9
6570	29,3	8070	28,8	9600	27,7	11100	26,9
6600	29,3	8100	28,7	9630	27,7	11130	26,9
6630	29,3	8130	28,7	9660	27,6	11160	26,9
6660	29,3	8160	28,7	9690	27,6	11190	26,8
6690	29,3	8190	28,6	9720	27,6	11220	26,8
6720	29,3	8220	28,6	9750	27,6	11250	26,8
6750	29,3	8250	28,6	9780	27,6	11280	26,8
6780	29,2	8280	28,6	9810	27,6	11310	26,8
6810	29,2	8310	28,5	9840	27,5	11340	26,7
6840	29,2	8340	28,5	9870	27,5	11370	26,7
6870	29,2	8370	28,5	9900	27,5	11400	26,7
6900	29,2	8400	28,5	9930	27,5	11430	26,7
6930	29,2	8430	28,6	9960	27,5	11460	26,7
6960	29,1	8460	28,6	9990	27,4	11490	26,7
6990	29,1	8490	28,6	10020	27,4	11520	26,7
7020	29,1	8520	28,5	10050	27,4	11550	26,7
7050	29,1	8550	28,5	10080	27,4	11580	26,6
7080	29,1	8580	28,5	10110	27,3	11610	26,6
7110	29,1	8610	28,5	10140	27,3	11640	26,6
7140	29	8640	28,5	10170	27,3	11670	26,6
7170	29	8670	28,5	10200	27,3	11700	26,6
7200	29	8700	28,4	10230	27,3	11730	26,6
7230	29	8730	28,4	10260	27,3	11760	26,5
7260	29	8760	28,4	10290	27,3	11790	26,5
7290	29	8790	28,4	10320	27,3	11820	26,5
7320	29	8820	28,4	10350	27,3	11850	26,5
7350	29	8850	28,4	10380	27,2	11880	26,5
7380	29	8880	28,3	10410	27,2	11910	26,5
7410	28,9	8910	28,3	10440	27,2	11940	26,5
7440	28,9	8940	28,3	10470	27,2	11970	26,4
7470	28,9	8970	28,3	10500	27,2	12000	26,4
7500	28,9	9000	28,3	10530	27,2	12030	26,4
7530	28,9	9030	28,3	10560	27,2	12060	26,4
7560	28,9	9060	28,3	10590	27,1	12090	26,4

Soro flexível - 1000 mililitros							
Temperatura ambiente: 25,1 °C				Umidade: 40%			
Temperatura display do FMO adaptado: 24 °C				Temperatura Inicial do Soro: 25,3 °C			
Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura
12120	26,4	13290	26	14130	25,8	15630	25,5
12150	26,4	13320	25,9	14160	25,8	15660	25,5
12180	26,4	13350	25,9	14190	25,8	15690	25,5
12210	26,4	13380	25,9	14220	25,8	15720	25,5
12240	26,3	13410	25,9	14250	25,8	15750	25,5
12270	26,3	13440	25,9	14280	25,8	15780	25,5
12300	26,3	13470	25,9	14310	25,8	15810	25,5
12330	26,3	13500	25,9	14340	25,8	15840	25,5
12360	26,3	13530	25,9	14370	25,8	15870	25,5
12390	26,3	13560	25,9	14400	25,8	15900	25,5
12420	26,3	13590	25,9	14430	25,7	15930	25,5
12450	26,2	13620	25,9	14460	25,7	15960	25,5
12480	26,2	13650	25,9	14490	25,7	15990	25,5
12510	26,2	13680	25,9	14520	25,7	16020	25,5
12540	26,2	13710	25,9	14550	25,7	16050	25,5
12570	26,2	13740	25,9	14580	25,7	16080	25,5
12600	26,2	13770	25,9	14610	25,7	16110	25,5
12630	26,2	13800	25,9	14640	25,7	16140	25,5
12660	26,2	13830	25,9	14670	25,7	16170	25,5
12690	26,1	13860	25,8	14700	25,7	16200	25,5
12720	26,1	13890	25,8	14730	25,7	16230	25,5
12750	26,1	13920	25,8	14760	25,7	16260	25,5
12780	26,1	13290	26	14790	25,7	16290	25,5
12810	26,1	13320	25,9	14820	25,7	16320	25,5
12840	26,1	13350	25,9	14850	25,7	16350	25,5
12870	26,1	13380	25,9	14880	25,6	16380	25,5
12900	26	13410	25,9	14910	25,6	16410	25,5
12930	26	13440	25,9	14940	25,6	16440	25,5
12960	26	13470	25,9	14970	25,6	16470	25,5
12990	26	13500	25,9	15000	25,6	16500	25,5
13020	26	13530	25,9	15030	25,6	16530	25,5
13050	26	13560	25,9	15060	25,6	16560	25,5
13080	26	13590	25,9	15090	25,6	16590	25,5
13110	26	13620	25,9	15120	25,6	16620	25,5
13140	26	13650	25,9	15150	25,6	16650	25,5
13170	26	13680	25,9	15180	25,6	16680	25,5
13200	26	13710	25,9	15210	25,6	16710	25,5
13230	26	13740	25,9	15240	25,6	16740	25,5
13260	26	13770	25,9	15270	25,6	16770	25,5
13290	26	13800	25,9	15300	25,6	16800	25,5
12990	26	13830	25,9	15330	25,6	16830	25,5
13020	26	13860	25,8	15360	25,6	16860	25,5
13050	26	13890	25,8	15390	25,5	16890	25,5
13080	26	13920	25,8	15420	25,5	16920	25,5
13110	26	13950	25,8	15450	25,5	16950	25,5
13140	26	13980	25,8	15480	25,5	16980	25,5
13170	26	14010	25,8	15510	25,5	17010	25,5
13200	26	14040	25,8	15540	25,5	17040	25,5
13230	26	14070	25,8	15570	25,5	17070	25,5
13260	26	14100	25,8	15600	25,5	17100	25,5

Soro flexível - 1000 mililitros							
Temperatura ambiente: 25,1 °C				Umidade: 40%			
Temperatura display do FMO adaptado: 24 °C				Temperatura Inicial do Soro: 25,3 °C			
Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura
17130	25,5	18630	25,4	19470	25,4	20970	25,3
17160	25,5	18660	25,4	19500	25,4	21000	25,3
17190	25,5	18690	25,4	19530	25,4	21030	25,3
17220	25,5	18720	25,4	19560	25,4	21060	25,3
17250	25,5	18750	25,4	19590	25,4	21090	25,3
17280	25,5	18780	25,4	19620	25,4	21120	25,3
17310	25,5	18810	25,4	19650	25,4	21150	25,3
17340	25,5	18840	25,4	19680	25,3	21180	25,3
17370	25,5	18870	25,4	19710	25,3	21210	25,3
17400	25,5	18900	25,4	19740	25,3	21240	25,3
17430	25,5	18930	25,4	19770	25,3	21270	25,3
17460	25,5	18960	25,4	19800	25,3	21300	25,3
17490	25,5	18990	25,4	19830	25,3	21330	25,3
17520	25,5	19020	25,4	19860	25,3	21360	25,3
17550	25,5	19050	25,4	19890	25,3	21390	25,3
17580	25,5	19080	25,4	19920	25,3	21420	25,3
17610	25,5	19110	25,4	19950	25,3	21450	25,3
17640	25,5	19140	25,4	19980	25,3	21480	25,3
17670	25,5	19170	25,4	20010	25,3	21510	25,3
17700	25,5	19200	25,4	20040	25,3	21540	25,3
17730	25,5	19230	25,4	20070	25,3	21570	25,3
17760	25,5	19260	25,4	20100	25,3	21600	25,3
17790	25,5	18630	25,4	20130	25,3	21630	25,3
17820	25,5	18660	25,4	20160	25,3	21660	25,3
17850	25,5	18690	25,4	20190	25,3	21690	25,3
17880	25,5	18720	25,4	20220	25,3	21720	25,3
17910	25,5	18750	25,4	20250	25,3	21750	25,3
17940	25,5	18780	25,4	20280	25,3	21780	25,3
17970	25,5	18810	25,4	20310	25,3	21810	25,3
18000	25,4	18840	25,4	20340	25,3	21840	25,3
18030	25,4	18870	25,4	20370	25,3	21870	25,3
18060	25,4	18900	25,4	20400	25,3	21900	25,3
18090	25,4	18930	25,4	20430	25,3	21930	25,3
18120	25,4	18960	25,4	20460	25,3	21960	25,3
18150	25,4	18990	25,4	20490	25,3	21990	25,3
18180	25,4	19020	25,4	20520	25,3	22020	25,3
18210	25,4	19050	25,4	20550	25,3	22050	25,3
18240	25,4	19080	25,4	20580	25,3	22080	25,3
18270	25,4	19110	25,4	20610	25,3	22110	25,3
18300	25,4	19140	25,4	20640	25,3	22140	25,3
18330	25,4	19170	25,4	20670	25,3	22170	25,3
18360	25,4	19200	25,4	20700	25,3	22200	25,3
18390	25,4	19230	25,4	20730	25,3	22230	25,3
18420	25,4	19260	25,4	20760	25,3	22260	25,3
18450	25,4	19290	25,4	20790	25,3	22290	25,3
18480	25,4	19320	25,4	20820	25,3	22320	25,3
18510	25,4	19350	25,4	20850	25,3	22350	25,3
18540	25,4	19380	25,4	20880	25,3	22380	25,3
18570	25,4	19410	25,4	20910	25,3	22410	25,3
18600	25,4	19440	25,4	20940	25,3	22440	25,3

Soro flexível - 1000 mililitros							
Temperatura ambiente: 25,1 °C				Umidade: 40%			
Temperatura display do FMO adaptado: 24 °C				Temperatura Inicial do Soro: 25,3 °C			
Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura
22470	25,3	23940	25,2	25440	25,1	26940	25,1
22500	25,3	23970	25,2	25470	25,1	26970	25,1
22530	25,3	24000	25,2	25500	25,1	27000	25,1
22560	25,3	24030	25,2	25530	25,1	27030	25,1
22590	25,3	24060	25,2	25560	25,1	27060	25,1
22620	25,3	24090	25,2	25590	25,1	27090	25,1
22650	25,3	24120	25,2	25620	25,1	27120	25,1
22680	25,3	24150	25,2	25650	25,1	27150	25,1
22710	25,3	24180	25,2	25680	25,1	27180	25,1
22740	25,3	24210	25,2	25710	25,1	27210	25,1
22770	25,3	24240	25,2	25740	25,1	27240	25,1
22800	25,3	24270	25,2	25770	25,1	27270	25,1
22830	25,3	24300	25,2	25800	25,1	27300	25,1
22860	25,3	24330	25,2	25830	25,1	27330	25,1
22890	25,3	24360	25,2	25860	25,1	27360	25,1
22920	25,3	24390	25,2	25890	25,1	27390	25,1
22950	25,3	24420	25,2	25920	25,1	27420	25,1
22980	25,3	24450	25,2	25950	25,1	27450	25,1
23010	25,3	24480	25,2	25980	25,1	27480	25,1
23040	25,3	24510	25,2	26010	25,1	27510	25,1
23070	25,3	24540	25,2	26040	25,1	27540	25,1
23100	25,3	24570	25,2	26070	25,1	27570	25,1
23130	25,3	24600	25,2	26100	25,1	27600	25,1
23160	25,3	24630	25,2	26130	25,1	27630	25,1
23190	25,3	24660	25,2	26160	25,1	27660	25,1
23220	25,3	24690	25,2	26190	25,1	27690	25,1
23250	25,3	24720	25,2	26220	25,1	27720	25,1
23280	25,3	24750	25,2	26250	25,1	27750	25,1
23310	25,2	24780	25,2	26280	25,1	27580	25,1
23340	25,2	24810	25,2	26310	25,1	27610	25,1
23370	25,2	24840	25,2	26340	25,1	27640	25,1
23400	25,2	24870	25,2	26370	25,1	27670	25,1
23430	25,2	24900	25,2	26400	25,1	27700	25,1
23460	25,2	24930	25,2	26430	25,1	27730	25,1
23490	25,2	24960	25,2	26460	25,1	27760	25,1
23520	25,2	24990	25,2	26490	25,1	27790	25,1
23550	25,2	25020	25,2	26520	25,1	27820	25,1
23580	25,2	25050	25,2	26550	25,1	27850	25,1
23610	25,2	25080	25,2	26580	25,1	27880	25,1
23640	25,2	25110	25,2	26610	25,1	27910	25,1
23670	25,2	25140	25,2	26640	25,1	27940	25,1
23700	25,2	25170	25,2	26670	25,1	27970	25,1
23730	25,2	25200	25,2	26700	25,1	28000	25,1
23760	25,2	25230	25,2	26730	25,1	28030	25,1
23790	25,2	25260	25,2	26760	25,1	28060	25,1
23820	25,2	25290	25,2	26790	25,1	28090	25,1
23820	25,2	25320	25,2	26820	25,1	28120	25,1
23850	25,2	25350	25,1	26850	25,1	28150	25,1
23880	25,2	25380	25,1	26880	25,1	28180	25,1
23910	25,2	25410	25,1	26910	25,1	28210	25,1

