



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

ALICE PAIVA BANDEIRA

**VALIDAÇÃO DE PARÂMETROS DE VOLUMES DE PRIMING E FLUSHING
ENTRE TANQUES DURANTE RESFRIAMENTO DE IOGURTE**

FORTALEZA

2018

ALICE PAIVA BANDEIRA

VALIDAÇÃO DE PARÂMETROS DE VOLUMES DE PRIMING E FLUSHING ENTRE
TANQUES DURANTE RESFRIAMENTO DE IOGURTE

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Química do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Fabiano André Narciso Fernandes.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B164v Bandeira, Alice Paiva.
 Validação de parâmetros de volumes de Priming e Flushing entre tanques durante resfriamento de iogurte
 / Alice Paiva Bandeira. – 2018.
 48 f. : il. color.

 Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Química, Fortaleza, 2018.
 Orientação: Prof. Dr. Fabiano André Narciso Fernandes.

 1. Resfriamento. 2. Iogurte. 3. Água. 4. Tanques. 5. Volume. I. Título.

CDD 660

ALICE PAIVA BANDEIRA

VALIDAÇÃO DE PARÂMETROS DE VOLUMES DE PRIMING E FLUSHING ENTRE
TANQUES DURANTE RESFRIAMENTO DE IOGURTE

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Química do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Aprovada em: 21/06/2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fabiano André Narciso Fernandes (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Rílvia Saraiva de Santiago Aguiar
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Químico Jonnathan Amaral de Freitas
Danone

Aos meus pais, Ana e Esaú.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Ana, por ter sido meu porto seguro durante todos esses anos. Meu lar será sempre onde você estiver.

Ao meu pai, Esaú, e meus irmãos, Ênio, Alexandre, Eric e Elissa, pelo companheirismo e toda história de vida compartilhada.

Aos meus tios, Libânia, Marcos, Cléa e César, por terem me acolhido durante tantos anos sem exigir nada em troca. Devo a vocês toda minha carreira profissional.

Aos meus amigos, Breno, Beatriz, Larissa, Amanda, Juliana, Naiara e Joana, pela amizade construída durante os anos de faculdade e por tornarem suportável até mesmo os dias mais difíceis.

Aos meus professores de graduação, por todos os ensinamentos valiosos, em especial ao Prof. Dr. Fabiano Fernandes, pela orientação durante o desenvolvimento deste trabalho.

À Danone e meus orientadores, Jonnathan, que sugeriu a primeira ideia de construção deste projeto, e Carlos, pelos conselhos e ensinamentos durante meu estágio.

Aos meus colegas de trabalho, Rossybergh, por todo tempo que passamos dimensionando tubulações e equipamentos, e Bárbara, pelas risadas e dificuldades compartilhadas.

Ao time de operação da área de Processo, Aglailton, Eraldo, Cleiton, Alécio, Daniel, Assis, Aglairton e George, pelas incansáveis inspeções realizadas durante tantos meses de trabalho e dedicação a este projeto.

Finalmente, a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para meu crescimento pessoal e profissional durante os anos de graduação.

“Quando não se tem nada, não se tem nada a perder.” – Bob Dylan

RESUMO

A fabricação de iogurte tem como princípio a fermentação láctea de açúcares presentes na mistura de preparação. A atividade fermentativa das bactérias cessa através do resfriamento do iogurte. Industrialmente, o processo de fermentação ocorre em um primeiro tanque, e a massa já resfriada é estocada em um segundo tanque. Entre estes tanques é necessária a passagem da massa através de um trocador de calor, para resfriamento do iogurte. O transporte da massa entre tanques é promovido por bombas positivas em sua maior parte, entretanto as fases iniciais e finais de cada tanque de fermentação têm contato direto com fases de água. A princípio, as tubulações encontram-se preenchidas com água residual, de modo que a primeira fase de iogurte a deixar o tanque de fermentação, em direção ao trocador de calor, promove um empurre dessa fase de água residual. Este empurre inicial é chamado de “Priming”. Ao final do volume do tanque de fermentação, abre-se uma válvula de alimentação de água estéril para promover o empurre final da massa de iogurte fermentada. Este empurre final é chamado de “Flushing”. A água residual presente entre essas fases intermediárias não deve entrar nos tanques de estocagem final, pois isso comprometeria diretamente a qualidade do produto. Para controlar isso, a válvula de entrada do tanque de estocagem é programada para abrir e fechar de modo a desviar a fase residual de água para o dreno. Esse controle da válvula é baseado em parâmetros de volume que mensuram a quantidade de cada fase que já passou em cada ponto da linha. O objetivo deste trabalho é traçar um modelo matemático que mesure o volume exato de cada fase, e o tempo de abertura ideal da válvula do tanque de estocagem, de acordo com o comprimento e diâmetro de tubulação a ser percorrida pela massa, vazão de escoamento, perda de carga e influência da viscosidade do produto.

Palavras-chave: Empurre. Resfriamento. Iogurte. Água. Tanques. Volume.

ABSTRACT

The production of yogurt is based on the lactic fermentation of sugars present in the preparation blend. The fermentative activity is interrupted by cooling the yogurt. Industrially, the fermentation process occurs in one tank, and then an already cooled mass is stored in another tank. Between these tanks occurs the passage of the product through a heat exchanger, for cooling the yogurt. Mass transport between the tanks is promoted by positive pumps for the most part, but the initial and final phases of each fermentation tank are in direct contact with the water phases. At first, the pipes are filled with waste water, so the first phase to leave the fermentation tank, towards the heat exchanger is responsible for moving the waste water phase. This initial impulse is called "Priming." At the end of the fermentation tank volume, a sterile water supply valve is opened to promote the movement of the final fermented mass. This final thrust is called "Flushing." The residual water present between the intermediate phases must not enter the final storage tanks, as this directly compromises the quality of the product. To this end, the inlet valve of the storage tank is programmed to open and close in order to divert the residual water phase to the drain. This valve control is based on volume parameters that measure an amount of each phase that has already passed each point of the line. The objective of this work is to draw a mathematical model that measures the exact volume of each phase, and the ideal opening time of the storage tank valve, according to the length and the diameter of the pipe to be covered by the mass, flow rate, loss of charge and influence of the viscosity of the product.

Keywords: Impulse. Cooling. Yogurt. Water. Tanks. Volume.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação esquemática do sistema de resfriamento	23
Figura 2 – Representação esquemática da fase de Priming	24
Figura 3 – Representação esquemática da fase de Flushing	24
Figura 4 – Representação esquemática de um processo de resfriamento hipotético entre os tanques 1 e 2	25

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	– Representação da variação da viscosidade com o tempo sob velocidade de deformação constante	20
Gráfico 2	– Resultados experimentais de volumes para circuitos de Priming com bypass	31
Gráfico 3	– Resultados experimentais de volumes para circuitos de Priming sem bypass	31
Gráfico 4	– Resultados experimentais de volumes para circuitos de Flushing com bypass	32
Gráfico 5	– Resultados experimentais de volumes para circuitos de Flushing sem bypass	32
Gráfico 6	– Resultados experimentais de variação da concentração com o tempo para massas com viscosidade entre 800-850cP em ensaios de Priming com bypass	33
Gráfico 7	– Resultados experimentais de variação da concentração com o tempo para massas com viscosidade entre 185-350cP em ensaios de Priming sem bypass	33
Gráfico 8	– Resultados experimentais de variação da concentração com o tempo para massas com viscosidade entre 800-850cP em ensaios de Flushing com bypass	34
Gráfico 9	– Resultados experimentais de variação da concentração com o tempo para massas com viscosidade entre 185-350cP em ensaios de Flushing sem bypass	34
Gráfico 10	– Regressão polinomial média de variação da concentração com o tempo para massas com viscosidade entre 800-850cP em ensaios de Priming e Flushing com bypass e com viscosidade entre 185-350cP em ensaios de Priming e Flushing sem bypass	35
Gráfico 11	– Resultados teóricos de volumes para circuitos de Priming e Flushing com e sem bypass	36

Gráfico 12	– Resultados de perdas de carga convertidos em volumes para circuitos de Priming e Flushing com e sem bypass	37
Gráfico 13	– Comparação entre curvas de volumes teórico e experimental para circuitos de Priming com bypass	38
Gráfico 14	– Comparação entre curvas de volumes teórico e experimental para circuitos de Priming sem bypass	38
Gráfico 15	– Comparação entre curvas de volumes teórico e experimental para circuitos de Flushing com bypass	39
Gráfico 16	– Comparação entre curvas de volumes teórico e experimental para circuitos de Flushing sem bypass	39
Gráfico 17	– Representação esquemática de curvas modelo expressando volume por circuito em cada tipo de resfriamento	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Difusividade térmica de diferentes tipos de alimentos dos documentos analisados por programa de pós-graduação	21
Tabela 2 – Comprimentos equivalentes adimensionais representativos (L_e/D) para válvulas e acessórios	29
Tabela 3 – Numeração de circuitos envolvendo tanques de fermentação e resfriamento disponíveis	30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos	14
<i>1.1.1</i>	<i>Objetivo geral</i>	14
<i>1.1.2</i>	<i>Objetivos específicos</i>	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	História do iogurte	15
2.2	Fabricação do iogurte	16
<i>2.2.1</i>	<i>Padronização</i>	16
<i>2.2.2</i>	<i>Homogeneização</i>	16
<i>2.2.3</i>	<i>Pasteurização</i>	17
<i>2.2.4</i>	<i>Fermentação</i>	17
<i>2.2.5</i>	<i>Resfriamento</i>	18
<i>2.2.6</i>	<i>Acondicionamento</i>	18
2.3	Reologia	18
<i>2.3.1</i>	<i>Comportamento reológico</i>	18
<i>2.3.1.1</i>	<i>Fluidos newtonianos</i>	19
<i>2.3.1.2</i>	<i>Fluidos não newtonianos</i>	19
<i>2.3.2</i>	<i>Classificação reológica de iogurtes</i>	19
2.4	Difusividade térmica	20
2.5	Solubilidade	22
3	METODOLOGIA	23
3.1	Processo de resfriamento	23
<i>3.1.1</i>	<i>Metodologia de controle de válvulas</i>	24
3.2	Metodologia de inspeção de dreno	26
<i>3.2.1</i>	<i>Análise de difusividade</i>	26
3.3	Determinação de volumes teóricos	27
3.4	Cálculo de perda de carga	28
<i>3.4.1</i>	<i>Perdas maiores</i>	28
<i>3.4.2</i>	<i>Perdas menores</i>	28
<i>2.4.2.1</i>	<i>Válvulas e acessórios</i>	29
<i>2.4.2.2</i>	<i>Bombas</i>	29

4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	30
4.1	Volumes experimentais	30
4.2	Análises de difusividade	33
4.3	Volumes teóricos	35
4.4	Perdas de carga	36
64.5	Modelo matemático	37
5	CONCLUSÃO	41
	REFERÊNCIAS	42

TERMO DE CONFIDENCIALIDADE E SIGILO

O Trabalho Final de Curso, apresentado na forma de documento monográfico intitulado **Validação de parâmetros de volumes de Priming e Flushing entre tanques durante resfriamento de iogurte**, volume constante como um dos requisitos para obtenção do grau de Engenheiro Químico pela Universidade Federal do Ceará, orientado pelo **Prof. Dr. Fabiano André Narciso Fernandes**, defendido no dia **21** de junho de 2018, foi depositado pela autora **Alice Paiva Bandeira** sob compromisso de confidencialidade e sigilo sobre todas as informações técnicas relacionadas às suas pesquisas. Por este termo de confidencialidade e sigilo são vedadas as seguintes práticas:

1. **Disponibilização** do documento integral em plataformas públicas ou repositórios acadêmicos;
2. **A utilização das informações**, aqui protegidas por sigilo, e doravante constantes como informações confidenciais, a quem tiver acesso;
3. **Gravação ou cópia da documentação** confidencial a que tiver acesso, excetuando as cópias e/ou documentos originais AUTORIZADOS;
4. A **apropriação** para si ou para outrem do material confidencial e/ou sigiloso da tecnologia que venha a ser disponível;
5. **Repasse** de conhecimento das informações confidenciais;

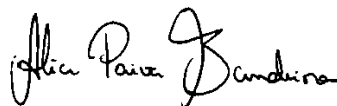
Neste Termo, as seguintes expressões serão assim definidas:

Informação Confidencial significará toda informação revelada através da apresentação da tecnologia, a respeito de, ou, associada com dados obtidos para elaboração da monografia, sob a forma escrita, verbal ou por quaisquer outros meios. Informação Confidencial inclui, mas não se limita, à informação relativa às operações, processos, planos ou intenções, informações sobre produção, instalações, equipamentos, sistemas, dados, habilidades especializadas, projetos, métodos e metodologia, fluxogramas, especializações, componentes, fórmulas, produtos e questões relativas ao desempenho das atividades laborais.

A vigência da obrigação de confidencialidade e sigilo, assumida por meio deste termo, terá a validade enquanto a informação não for tornada de conhecimento público por direta autorização dos seus autores, mediante autorização escrita.

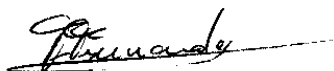
Alice Paiva Bandeira

Autora



Prof. Dr. Fabiano André Narciso Fernandes

Orientador



Profa. Dra. Rílvia Saraiva de Santiago Aguiar

Docente Responsável pela disciplina



