

OPEN ACCESS

Editado por:

Dr. Victor Hugo Gomes Sales
Instituto Federal do Amapá, Macapá-AP, Brasil

Seção:

Esse artigo foi submetido em Engenharia de Alimentos, uma seção do *Journal of Bioenergy and Food Science*

ID JBFS2662019

DOI 10.18067/jbfs.v6i4.266

Processos de revisão:
Prot. 2662019R01 (Brasil)
Prot. 2662019R02 (Brasil)

*Autor para correspondência:

Weskley da Silva Cotrim
wcotrim@gmail.com

Conflito de interesse:

Os autores declararam que não há conflito de interesse.

Financiamento:

Os autores declararam que não receberam financiamento para o desenvolvimento da pesquisa

Agradecimentos:

Os autores agradecem ao Prof. Dr. Luis Antônio Minim, do Departamento de Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal de Viçosa.

Recebido em: 07 de abril de 2019

Aceito em: 17 de julho de 2019

Publicado: 01 de outubro de 2019

Citação (APA):

Cotrim, W.S., Cotrim, K.C.F., & Coimbra, J.C. (2019). Modelagem e análise de cenários econômicos do processo de produção de bebida carbonatada a base de soro de leite. *Journal of bioenergy and food science*, 6(4) 97-108. doi: 10.18067/jbfs.v6i4.266



JBFS all rights
Copyright: © 2019

Modelagem e análise de cenários econômicos do processo de produção de bebida carbonatada a base de soro de leite

Modeling and analysis of economic scenarios of the whey-based carbonated beverage production process

1,* Weskley da Silva COTRIM, 2, Keyla Cristina Francisco COTRIM e

3, Jamille Coelho COIMBRA

¹Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Campus Universitário do Araguaia, Instituto de Ciência Exatas e da Terra. Av. Valdon Varjão, n. 6.390. CEP 78600-000. Barra do Garça-MT, Brasil.

²Universidade Federal de Viçosa (UFV), Departamento de Microbiologia. Edifício Chotaro Shimoya, sala 141, Av. P.H. Rolfs, s/n – Campus Universitário. CEP 36570-900. Viçosa-MG, Brasil.

³Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Tecnologia de Alimentos. Av. P.H. Rolfs, s/n – Campus Universitário. CEP 36570-900. Viçosa-MG, Brasil.

RESUMO

Por seu grande potencial poluidor, diferentes estratégias de aproveitamento industrial do soro de leite têm sido adotadas. Entretanto, no Brasil, grande parte do soro de leite ainda não recebe destinação adequada. Nesse cenário, o aproveitamento do soro de leite como base para produção de bebidas carbonatadas representa uma alternativa a ser considerada. Porém, é necessário avaliar a adequação da tecnologia disponível bem como a viabilidade econômica do projeto em diferentes cenários antes de se optar pela sua implantação. Assim, o presente artigo objetivou realizar a modelagem, simulação e análise de cenários econômicos do processo de produção de bebida carbonatada à base de soro de leite fermentado adicionado de extrato de flor de hibisco (*Hibiscus sabdariffa* L.). O processo foi estruturado em quatro seções: preparo do soro fermentado, preparo do xarope de glicose, preparo do extrato de flor de hibisco e elaboração da bebida final. Os melhores resultados foram obtidos para um volume de processamento de soro de 7.000 kg por batelada. O projeto apresentou Taxa Interna de Retorno de 49.77% e Tempo de Retorno de Capital de 10 meses. Tais resultados evidenciam o potencial de uso do soro de leite na elaboração de bebidas carbonatadas

Palavras-chave: Refrigerantes. Análise Econômica. Viabilidade Técnica.

ABSTRACT

Due to its great polluting potential, different strategies for the industrial use of whey have been adopted. However, in Brazil, a large part of the whey is still not adequately disposed. In this context, the production of carbonated beverages based on whey is an alternative to be considered. However, it is necessary to evaluate the adequacy of the available technology as well as the economic viability of the project in different scenarios before deciding on its implementation. Thus, in this work, mathematical modeling and simulations were proposed to analyze the economic scenarios of the production process of a carbonated beverage based on fermented milk whey added with hibiscus flower extract (*Hibiscus sabdariffa* L.). The industrial process was structured in four sections: preparation of the fermented whey, preparation of the glucose syrup, preparation of the hibiscus flower extract and preparation of the final drink. The best results were obtained for a whey processing volume of 7,000 kg per batch. The project presented an Internal Rate of Return of 49.77% and a Time of Return of Capital of 10 months. These results show the potential use of whey in the production of carbonated beverages.

Keywords: Soft-drinks. Economic Analysis. Technical Viability.

INTRODUÇÃO

Ao contrário do que ocorre em outros países, no Brasil o soro de queijo ainda é considerado um produto de pouca importância do ponto de vista nutritivo e tecnológico. Estima-se que 50% de todo o soro de queijo produzido seja considerado resíduo industrial, com seu aproveitamento limitado a alimentação animal ou, em casos mais drásticos, descartado no meio ambiente sem tratamento (Magalhães et al., 2011; Gajo, Gajo, Silva & Ferreira, 2016).

Nutricionalmente rico, o soro de queijo retém 55% dos nutrientes do leite, com destaque para a presença de lactose e proteínas (Gajo et al., 2016). Embora em pequenas quantidades, as proteínas do soro de queijo apresentam alto valor biológico, com destaque para a α -lactoalbumina, β -lactoglobulina, albumina do soro bovino, caseína macropéptídeos, imunoglobulina, lactoferrina e lisozima (Chavan, Shraddha, Kumar & Nalawade, 2015). Somam-se a isto, evidências de que a ingestão de soro de leite e seus derivados contribuem para o aumento da saciedade e diminuição da fome em adultos (Chungchunlam, Moughan, Henare & Ganesh, 2012; Ridge, Devine, Lyons-Wall, Conlon & Lo, 2018) e redução dos picos de glicemia pós-prandial (Kung et al., 2018). Também se observa possíveis efeitos como antioxidante celular (Corrochano, Buckin, Kelly & Giblin, 2018) e no tratamento de idosos malnutridos com dificuldade de ingestão de calorias e proteínas (Giezenaar et al., 2017).

Por apresentar até 93% de água e 5% de lactose na sua composição (Gajo et al., 2016), o soro de leite é um potencial ingrediente para o desenvolvimento de bebidas carbonatadas ou fermentadas. Entretanto, devido ao seu aroma e sabor característicos, é necessário o uso de estratégias que possibilitem a aceitação do produto pelo consumidor (Chavan et al., 2015). Nesse sentido, o uso de extratos botânicos, dado os seus benefícios em termos de sabor e por serem percebidos pelo consumidor como produtos naturais, se apresentam como uma alternativa promissora (Gruenwald, 2009). Dentre estes, merece destaque o extrato de flor de hibisco (*Hibiscus sabdariffa* L.), o qual apresenta propriedades de corante e aromatizante. Além disso, a medicina tradicional tem atribuído às flores do hibisco propriedades diuréticas, anti-hipertensivas e antioxidantes, devido à presença de flavonóides e antocianinas (Hernández, Herrera-Arellano, Alvarez, Rivas & García, 2009). Também merece destaque a propriedade antimicrobiana do extrato de flor de hibisco (Souza, 2003).

Outro desafio a ser superado no aproveitamento do soro de leite para a produção de bebidas carbonatadas fermentadas diz respeito à escolha da tecnologia a ser empregada, bem como a avaliação de sua viabilidade técnica e econômica. Em tais estudos, empregam-se técnicas de modelagem e simulação de processos, o que possibilita a avaliação de cenários econômicos, permitindo a tomada de decisão quanto a realização de investimentos em um dado projeto (Cristóbal, Caldeira, Corrado & Sala, 2018; Demichelis, Fiore, Pleissner & Venus, 2018).

O processamento industrial de alimentos envolve uma série de operações unitárias de transferência de calor, transferência de massa e movimentação de fluidos, bem como reações químicas e bioquímicas. Associado a isso, a heterogeneidade de distribuição espacial dos componentes, bem como a própria composição da matéria-prima representa um grande desafio para a modelagem de

tais processos (Vitrac & Touffet, 2018). Dessa forma, o uso de ferramentas computacionais, tais como o *SuperPro Designer*[®], *Aspen*[®], *COCO*[®], *ENPRO*[®], *ESP*[®], *GPS-X*[®] dentre outros, surge como uma alternativa viável para o estudo dos balanços de massa e energia envolvidos, bem como a tomada de decisão nos mais diferentes cenários econômicos (Flora, Mcanally & Petrides, 1999). Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo a modelagem, simulação e análise de cenários econômicos do processo de produção de bebida carbonatada à base de soro de leite fermentado adicionado de extrato de flor de hibisco (*Hibiscus sabdariffa* L.).

MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo adotou-se o modelo empírico, uma vez que o mesmo descreve exatamente como o processo funciona para diferentes condições iniciais e de contorno, podendo ser validado mediante simulação (Demichelis et al., 2018). A parametrização do modelo foi realizada mediante uso de dados previamente obtidos pelos autores em estudo de desenvolvimento de formulação da bebida (Ramos, Pinho, Araújo, Cotrim & Vidigal, 2016). As simulações foram realizadas no software *SuperPro Designer*[®] 7.0 para verificação dos balanços de massa e energia, bem como a análise econômica. O aumento de escala para o balanço de massa foi realizado com base na massa de soro de leite utilizado na formulação, na faixa de 3.000 a 10.000 kg/batelada com incremento de 500 kg/batelada a cada nova simulação. Dados econômicos e de energia foram obtidos de fornecedores especializados e da literatura, quando foi o caso. O estudo foi conduzido no modo batelada, com funcionamento operacional em três turnos diários (24 h), distribuídos ao longo de 330 dias por ano. Adotou-se horizonte de projeto de 10 anos, com base em relatório da consultoria *Accenture Strategy*[®] segundo o qual atualmente as grandes transformações na indústria de alimentos ocorrem nesse período de tempo (Pinder, Walsh, Orndorff, Milton & Trescott, 2017).

O processo foi composto por quatro subseções. Na primeira realizou-se a preparação e fermentação do soro de leite. A segunda subseção foi responsável pela preparação do xarope de glicose, utilizado para adoçar a bebida final e a terceira subseção foi utilizada para preparação do extrato aquoso de flor de hibisco (*Hibiscus sabdariffa* L.) desidratada por infusão em água a 95 °C. Na quarta seção ocorreu a mistura dos componentes obtidos nas seções anteriores, seguida de carbonatação e envase. O presente estudo adotou formulação com teor de sólidos solúveis, medidos em sacarose, de 13 °Brix, acidez final de 15 g/L, expressa em ácido láctico e *ratio* de 0,87 (Ramos et al, 2016).

Para a análise econômica foi adotada cotação do dólar, em 23/05/2018, de R\$ 3,65, para conversão dos orçamentos de insumos e equipamentos com preço naquela moeda. Considerou-se que o projeto será integralmente conduzido com capital próprio. Embora a localização exata do empreendimento não tenha sido definida, considerou-se que o mesmo deverá operar no estado de Minas Gerais, para tanto foi aplicado o ICMS de 25%, característico para refrigerantes naquele estado.

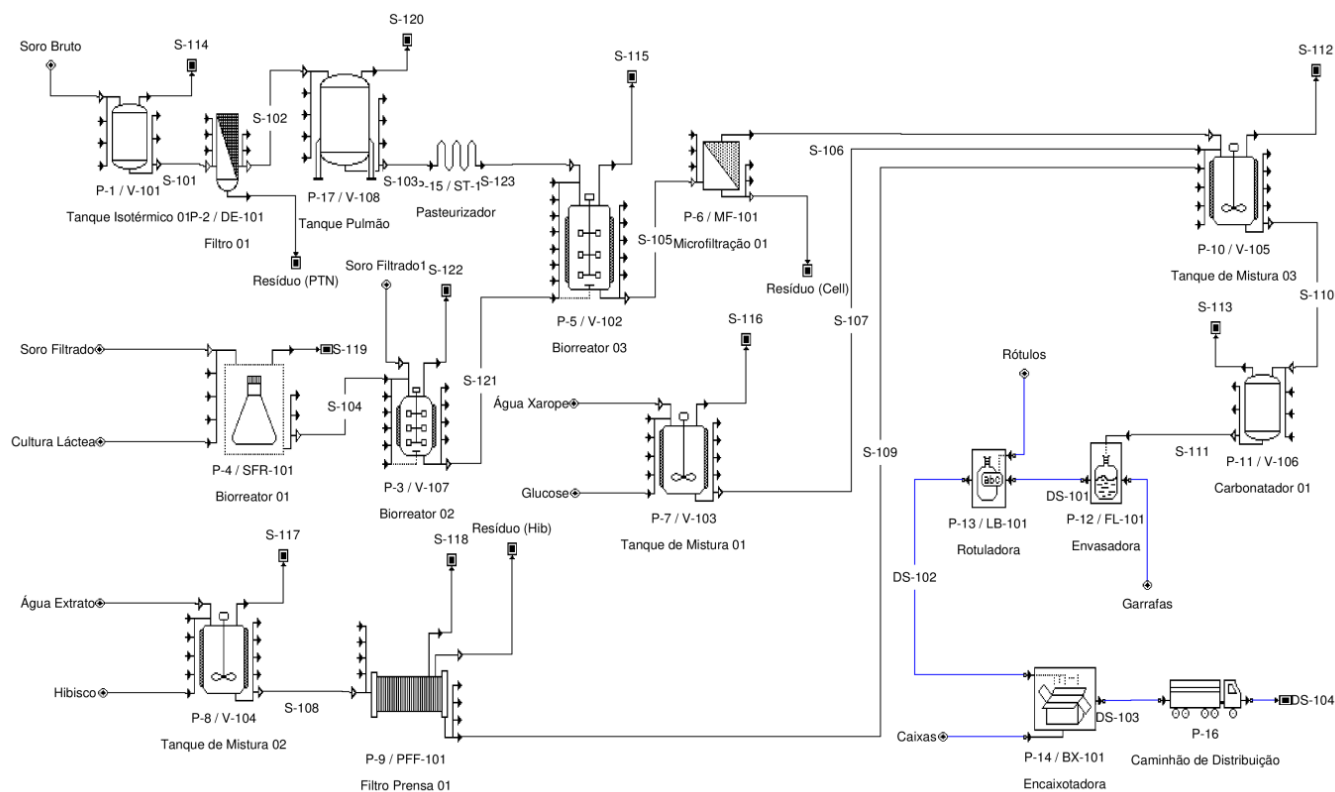
Para a análise de cenários, considerou-se a taxa mínima de atratividade (TMA) de 9% ao ano, produto principal *Pack* com 6 garrafas de 500 g, e preço de venda de R\$ 9,00. Foi adotada estratégia de controle de custos para que o custo de produção não supere os R\$ 6,00 e para que o comércio varejista possa comercializar o produto a R\$ 13,50. Tais valores foram definidos com base nos valores observado para o *pack* de 6 latas de 350 mL do refrigerante líder de mercado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 é apresentado o fluxograma detalhado com os equipamentos que compõe o processo. O soro de leite constitui o principal ingrediente para a obtenção do produto final. O mesmo é obtido da fabricação de queijos, na sua forma “doce”, não fermentado, e armazenado a 4°C em tanque isotérmico até o momento do uso. Visando eliminar a presença de resíduos de coágulos oriundos da produção de queijos, uma unidade de filtração simples foi adicionada imediatamente antes da unidade de pasteurização. O soro pasteurizado resultante é então transferido para um biorreator com controle de temperatura, onde também se adiciona cultura láctea previamente multiplicada em biorreator auxiliar, para que ocorra a fermentação do soro e produção do ácido láctico. Na segunda seção do processo ocorre a preparação do xarope de glicose por mistura simples de glicose em água. Na terceira seção é elaborado o extrato de flor de hibisco por infusão da flor desidratada em água a 95 °C. Os três componentes são então misturados nas proporções mássicas de 68,3% de soro fermentado, 19,2% de xarope de glicose e 12,0% de extrato de flor de hibisco. Quando necessário, o *ratio* deve ser ajustado para 0,87 pela adição extra de soro fermentado ou xarope de glicose (Ramos et al., 2016). A bebida resultante segue então para a unidade de carbonatação, envase e expedição.

Figura 01. Fluxograma detalhado do processo de produção de bebida carbonatada a base de soro de leite fermentado aromatizada com extrato de hibisco (*Hibiscus sabdariffa* L.).

Figure 01. Flowchart of the carbonated beverage production process from fermented whey flavored with hibiscus extract (*Hibiscus sabdariffa* L.).



Como mencionado, um dos objetivos do projeto é que o custo de produção e distribuição do *Pack* com 6 garrafas de 500 g fosse de no máximo R\$ 6,00. Nesse sentido, foram testados quinze cenários diferentes (3.000 L/batelada a 10.000 L/batelada). A escolha dos diferentes cenários foi realizada com base na quantidade de soro de leite processada na primeira seção do processo. O soro de leite é a principal matéria-prima utilizada no processo o que justifica a sua escolha como indicador nessa análise de cenários. Os cálculos de balanço de massa e energia e econômicos foram realizados com base em todas as seções do projeto.

Na Tabela 1 é apresentada a lista completa com os equipamentos utilizados na modelagem do processo, bem como suas respectivas capacidades máximas de operação e custos de aquisição.

Tabela 1. Lista de equipamentos, com suas respectivas capacidades máximas e custo de aquisição, utilizada na modelagem do processo.

Table 1. Equipment list, with its respective maximum capacities and acquisition cost, used in the process modeling.

Equipamento	Código	Capacidade	Custo (FOB – R\$*)
Microfiltração	P-6/MF-101	80 m ²	R\$ 365.000,00
Rotuladora	P-13/LB-101	3.600 garrafas/h	R\$ 200.750,00
Pasteurizador	P-15/ST-101	100.000 L/h	R\$ 65.700,00
Filtro Prensa	P-9/PFF-101	80 m ²	R\$ 54.750,00
Tanque de Mistura 01	P-7/V-103	30.000 L	R\$ 43.800,00
Tanque de Mistura 02	P-8/V-104	30.000 L	R\$ 43.800,00
Tanque de Mistura 03	P-10/V-105	50.000 L	R\$ 43.800,00
Envasadora	P-12/FL-101	3.600 garrafas/h	R\$ 43.800,00
Encaixotadora	P-14/BX-101	3.600 garrafas/h	R\$ 40.150,00
Biorreator 03	P-5/V-102	35.000 L	R\$ 29.200,00
Biorreator 02	P-3/V-107	1.000 L	R\$ 29.000,00
Tanque Isotérmico	P-1/V-101	30.000 L	R\$ 14.527,00
Carbonatador 01	P-11/V-106	50.000 L	R\$ 14.527,00
Tanque Pulmão	P-17/V-108	30.000 L	R\$ 14.000,00
Filtro 01	P-2/DE-101	50 m ²	R\$ 10.950,00
Biorreator 01	P-4/SFR-101	2 L	R\$ 7.300,00

*Valores convertidos de dólar (US\$) para Real (R\$) como base no valor do dólar em 23/05/2018 (R\$ 3,65/1 US\$).

*Values converted from U.S. dollars (US\$) to Brazilian reais (R\$) based on the value of the U.S. dollar on May 23, 2018 (R\$ 3.65/1 US\$).

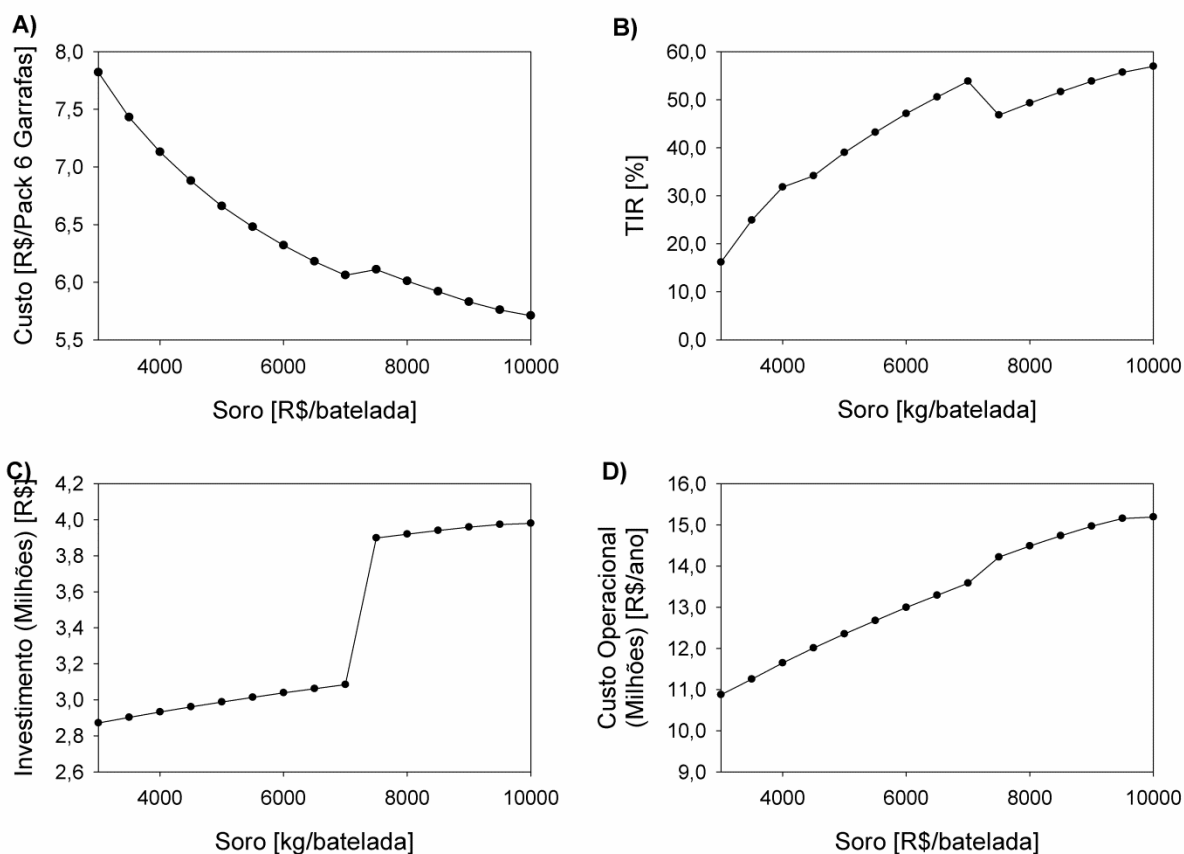
Na Figura 2A é apresentada a relação entre o volume de soro de leite processado por batelada e o custo unitário do *Pack* com 6 garrafas. Numa primeira análise, verifica-se que o custo de produção e distribuição (Custo [R\$/Pack 6 Garrafas]) apresenta comportamento decrescente com o aumento do volume de soro processado por batelada. O custo de produção alvo (R\$ 6,00 por Pack de 6 garrafas de bebida final) foi atingido com volume de produção superior a 8.000 kg/batelada. Entretanto, quando a quantidade de soro de leite processado por batelada salta de 7.000 kg para 7.500 kg observa-se um pequeno aumento no custo de produção, indicando a necessidade de uma avaliação mais detalhada. Para tanto,

avaliou-se o impacto do aumento do volume de soro processado sobre o investimento e sobre os custos operacionais.

Observe que quando o volume de soro processado por batelada passa de 7.000 kg para 7.500 kg, o custo de investimento salta de R\$ 3,09 milhões para R\$ 3,90 milhões (Figura 2C), o que equivale a um aumento de cerca de 25% no custo de investimento total. Tal aumento no custo de instalação está relacionado a necessidade de aumento na quantidade de equipamentos, especialmente as unidades de microfiltração. Vale destacar que, para aumentar a capacidade de processamento de soro de leite de 3.000 kg/batelada para 7.000 kg/batelada o aumento no custo de investimento foi de cerca de 11%, indicando que, para os equipamentos selecionados para o presente estudo, a melhor opção é o processamento de 7.000 kg de soro por batelada. Observe que custo operacional (Figura 2D) também sofre um incremento nas mesmas condições, porém de menor intensidade.

Figura 2. Relação entre o volume de soro de leite processado por batelada e A) o custo de produção do Pack com 6 garrafas de bebida final; B) a Taxa Interna de Retorno (TIR); C) O Custo de Investimento (R\$) e D) o Custo Operacional Anual (R\$/ano).

Figure 2. Relationship between the volume of whey processed per batch and A) the production cost of the pack with 6 bottles of final drink; B) the Internal Rate of Return (IRR); C) the Investment Cost (R\$) and D) the Annual Operating Cost (R\$/year).



Para garantir que a escolha do volume de processamento de soro de leite de 7.000 kg/batelada seria a melhor alternativa, realizou-se a análise do impacto do volume de processamento de soro sobre a Taxa Interna de Retorno (TIR) (Figura 2B).

A Taxa Interna de Retorno, em inglês IRR (*Internal Rate of Return*), é a taxa necessária para igualar o valor de um investimento (valor presente) com os seus respectivos retornos futuros ou saldos de caixa. A TIR é um importante indicador na análise de investimento em um projeto. Logo, espera-se que quanto maior for o seu valor maior será a rentabilidade do negócio (El-Tahir & El-Otaibi, 2014). De fato, espera-se que a TIR seja maior que a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), que no presente estudo foi definida em 9% ao ano. Como mostrado na Figura 2B), a TIR aumenta com o aumento no volume de soro processado por batelada. Porém, ocorre uma ligeira queda na TIR quando o volume de soro processado por batelada aumente de 7.000 kg para 7.500 kg. Tal decréscimo não apresentaria maiores problemas, uma vez que a TIR volta a crescer com o volume de soro processado por batelada.

Entretanto, uma análise mais acurada mostra que a TIR só volta ao valor observado para 7.000 kg/batelada quando esse valor atinge 9.000 kg/batelada. Lembrando que o custo de investimento aumenta em cerca de 25% para a mesma faixa. Além disso, os ganhos finais no valor da TIR não parecem ser suficientes para que se aumente o custo de investimento em tal ordem. Assim, optou-se por adotar o volume de processamento de 7.000 kg de soro por batelada nas etapas seguintes.

Dessa forma, uma nova simulação foi realizada com volume de processamento de soro de leite de 7.000 kg por batelada. Para a conclusão de um ciclo completo (batelada) foram necessárias 31,74 h. Porém, a batelada seguinte inicia-se após 12,21 h do início da anterior, resultando em quatro bateladas a cada três dias de operação. O carbonatador (V-106) representa o gargalo da operação. Entretanto, como foram alcançados resultados satisfatórios, os quais serão mostrados adiante, optou-se por operar com a presente configuração.

Na Tabela 02 são apresentados os ingredientes e insumos, bem como suas respectivas quantidades utilizadas por batelada. Em cada batelada são produzidos 3.396 *packs* com 6 garrafas, totalizando 10.188 kg do produto. Por ano são produzidos cerca de 13 milhões de garrafas de 500 g, totalizando cerca de 6,5 milhões de litros da bebida. Dados disponíveis na página da Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas Alcoólicas (ABIR, 2018), apontam que no ano de 2016 foram produzidos cerca de 14 bilhões de litros de refrigerante em todo o país. Assim, o volume produzido representa menos de 0,05% do mercado nacional de refrigerantes.

Tabela 2. Lista de ingredientes, com suas respectivas quantidades utilizadas por batelada

Table 2. *Ingredients list, with their respective quantities used per batch.*

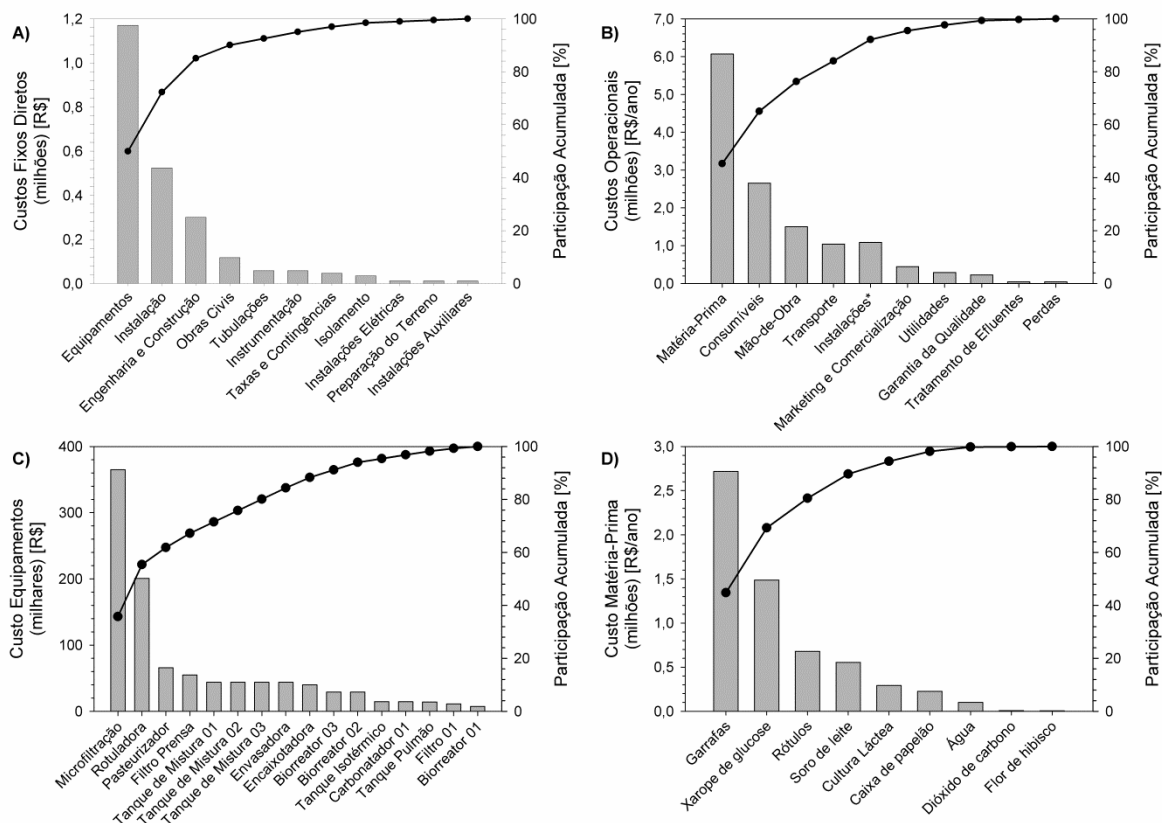
Item	Quantidade (kg)/batelada
Soro de leite	7.710,0
Água	2.107,4
Glicose	2.058,5
Flor de hibisco	5,0
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	0,5
Dióxido de carbono	0,9

Com base nos balanços de massa e energia, passou-se a análise econômica do projeto. A Figura 3A mostra os resultados para os Custos Fixos Diretos, os quais

totalizaram R\$ 2,34 milhões. Como esperado, os custos de aquisição de equipamentos, instalações, engenharia e construção e obras civis respondem juntos por 90% dos custos diretos do projeto.

Figura 3. Detalhamento da análise econômica do projeto com: A) Composição dos Custos Fixos Diretos; B) Custos Operacionais Anuais; C) Custos de Equipamentos e D) Custos de Matéria-Prima Anual. * Custos relativos manutenção e depreciação de equipamentos.

Figure 3. Economic analysis of the project with: A) Composition of Direct Fixed Costs; B) Annual Operating Costs; C) Equipment Costs and D) Annual Raw Material Costs.



O investimento inicial conta ainda com R\$ 715.000,00 destinado ao capital de giro e outros R\$ 23.000,00 destinados a cobrir os custos de partida (lançamento) da planta. Assim, o investimento total foi de R\$ R\$ 3,09 milhões os quais foram realizados com capital próprio. Dentre os custos fixos diretos, o investimento em equipamentos (Figura 3C) é aquele de maior impacto na implementação do projeto. Como já mencionado, os custos com a unidade de microfiltração influenciam diretamente na decisão de investimento, podendo elevar em até 25% o custo de investimento inicial em função do aumento no volume de processamento de soro por batelada.

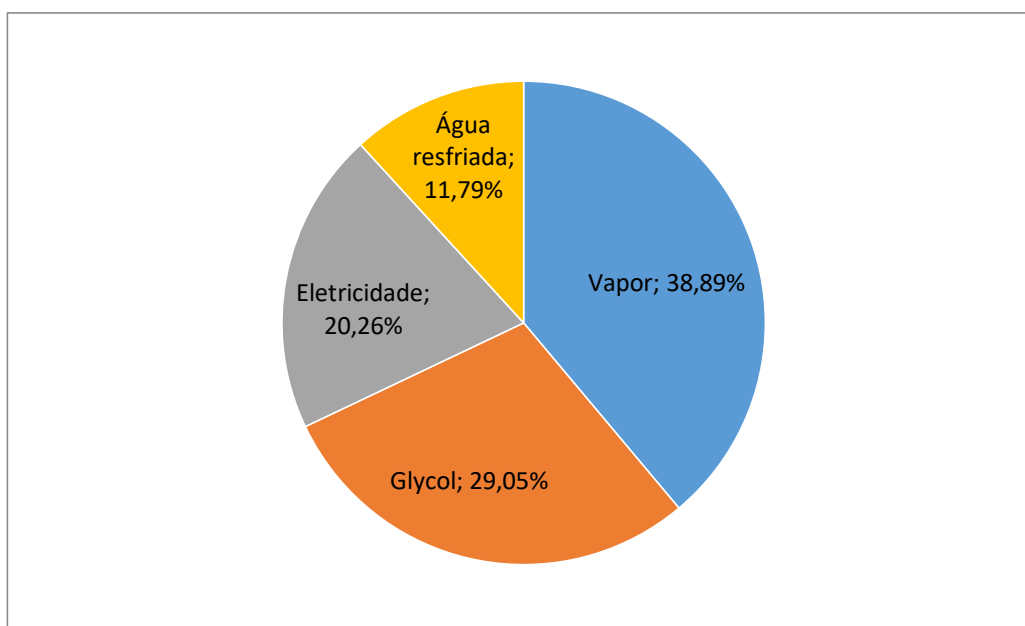
Para a operação da planta é necessário o aporte anual de R\$ 13,8 milhões, cuja composição é detalhada na Figura 3B. O custo da matéria-prima é aquele com maior impacto sobre os custos operacionais, respondendo por cerca de 45% do valor total. Em seguida vêm os custos relativos aos consumíveis (19%), especialmente aqueles envolvidos nas etapas de microfiltração. A mão de obra de 19 operários e 3 supervisores, distribuídos em três turnos de trabalho, representam 11% dos custos

operacionais. Na sequência, mas não menos importante, o transporte também apresenta impacto relevante no custeio operacional, compondo, juntamente com os itens anteriores, 84% do custo operacional total. Vale destacar ainda os custos com manutenção e depreciação, os quais respondem por quase 8% do custo operacional total.

Do custo total das matérias-primas e insumos (Figura 3D), 59% correspondem aos custos de embalagens, e desses, a maior parte (44%) referem-se aos custos com garrafas. Quanto às matérias-primas, o xarope de glicose é o ingrediente com maior participação nos custos, respondendo por 24%, seguido pelo soro de leite, o qual responde por cerca de 10% do total.

Figura 4. Composição dos custos das utilidades utilizadas no processo.

Figure 4. Cost composition of utilities used in the process.



Ainda no item custo operacional vale mencionar a participação das utilidades (Figura 4), que nesse caso apresentam custo anual de R\$ 291.496,00. O vapor é a utilidade de maior custo, representando 39% do valor total, seguido de perto de glycol (29%), utilizado para resfriamento, eletricidade 21% e por último, água resfriada, também utilizada em resfriamento de processos.

Na Tabela 3 é apresentado o resumo da análise de viabilidade econômica do projeto. O lucro bruto estimado foi de 30,20%, com tempo de retorno de capital de 10 meses e taxa interna de retorno de 49,77%. Tal valor para a TIR é superior a TMA (9,00%), possibilitando a obtenção do valor presente líquido de R\$ 13,98 milhões. Mesmo quando aplicada taxas de interesse de 14,00% ou 19,00%, os VPL obtidos ainda são positivos de R\$ 9,54 milhões e R\$ 6,52 milhões, respectivamente, indicando a viabilidade do projeto. Conforme aponta Juhász (2011) a avaliação individual da TIR ou do VPL pode não ser suficiente para garantir a viabilidade de um projeto. Entretanto, a combinação positiva entre esses dois indicadores, como visto

no presente trabalho, representa uma grande evidência da viabilidade econômica do mesmo.

Tabela 3. Resumo da análise de viabilidade econômica do projeto.

Table 3. Summary of the economic viability analysis of the Project.

Item	Valor
Investimento (R\$)	R\$ 3.076.000,00
Custo Operacional Anual (R\$)	R\$ 13.824.000,00
Produção Anual (Pack 6 unid)	2.194.166,00
Custo de Produção (R\$)	R\$6,30
Preço de Venda (R\$)	R\$ 9,00
Vendas Anuais (R\$)	R\$ 19.804.000,00
Lucro Bruto (%)	30,20%
Tempo de Retorno de Capital (meses)	10
Taxa Interna de Retorno (%)	49,77%
Valor Presente Líquido (9,0%)	R\$ 13.976.000,00
Valor Presente Líquido (14,0%)	R\$ 9.541.000,00
Valor Presente Líquido (19,0%)	R\$ 6.529.000,00

CONCLUSÃO

Neste artigo, foi realizada a modelagem de uma unidade de produção de bebida carbonatada à base de soro de leite fermentado adicionado de extrato de flor de hibisco (*Hibiscus sabdariffa* L.). A construção de tal modelo permitiu que se avaliasse o emprego de tecnologia atual na produção da bebida, com seus respectivos balanços de massa e energia, bem como os custos associados. Os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões. Em primeiro lugar, a tecnologia atual disponível em indústrias de laticínios e de refrigerantes pode ser facilmente adaptada para produção de bebida carbonatada à base de soro de leite fermentado. Em segundo lugar, essa nova forma de aproveitamento do soro de queijo, por se tratar do componente majoritário da bebida final, possibilitará a redução no descarte desse componente. Por último, o projeto apresenta viabilidade econômica, com um produto competitivo para o segmento de refrigerantes.

AGRADECIMENTOS

OS autores agradecem ao Prof. Dr. Luis Antônio Minim, do Departamento de Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal de Viçosa pelas valiosas observações durante a elaboração do presente trabalho.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

O autor WSC realizou a modelagem e simulação do processo e da escrita do artigo, os autores KCFC e JCC participaram da escrita, revisão e discussão do trabalho.

CONFLITO DE INTERESSE

Os autores declararam que não há conflito de interesse.

FINANCIAMENTO

Os autores informaram que não receberam suporte financeiro para o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIR - Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas Não Alcoólicas. Refrigerantes. Disponível em: <<https://abir.org.br/o-setor/dados/refrigerantes/>>. Acesso em: 23 de nov. 2018.
- Chavan, R.S., Shraddha, R.C., Kumar, A., & Nalawade, T. (2015). Whey based beverages: its functionality, formulations, health benefits and applications. *Journal of Food Processing & Technology*, 6(10), 1-8. <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000495>
- Chungchunlam, S.M.S., Moughan, P.J., Henare, S.J., & Ganesh, S. (2012). Effects of time of consumption of preloads on measures of satiety in healthy normal wight women. *Appetite*, 59(2), 281-288. PMID:22634189. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2012.05.011>
- Corrochano, A.R., Buckin, V., Kelly, P.M., & Gibling, L. (2018). Invited review: Whey proteins as antioxidants and promoters of cellular antioxidant pathways. *Journal of Dairy Science*, 101(6), 1-15. PMID:29605324. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13618>
- Cristóbal, J., Caldeira, C., Corrado, S., & Sala, S. (2018). Techno-economic and profitability analysis of food waste biorefineries at European level. *Bioresource Technology*, 259, 244-252. PMID:29567596. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.03.016>
- Demichelis, F., Fiore, S., Pleissner, D., & Venus, J. (2018). Technical and economic assessment of food waste valorization through a biorefinery chain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 38-48. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.064>
- El-Tahir, Y., & El-Otaibi, D. (2014). Internal Rate of Return: A suggested Alternative Formula and its Macro-economic Implications. *Journal of American Science*, 10(11), 216-221.
- Flora, J.R.V., Mcanally, A.S., & Petrides, D. (1999). Treatment plant instructional modulus based on SuperPro Designer® v.2.7. *Environmental Modelling & Software*, 14(1), 69-80. [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(98\)00059-0](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(98)00059-0)
- Gajo, F.F.S., Gajo, A.A., Silva, R.B.V., & Ferreira, E.B. (2016). Diagnóstico da destinação do soro de leite na mesorregião do campo das vertentes – Minas Gerais. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, 71(1), 26-37. <https://doi.org/10.14295/2238-6416.v70i1.501>
- Giezenaar, C., Coudert, Z., Baqeri, A., Jensen, C., Hausken, T., Horowitz, M., Chapman, I., & Soenen, S. (2017). Effects of timing of whey protein intake on appetite and energy intake in healthy older men. *Journal of the American Medical Directors Association*, 18(10), 898.e9-898.e13. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2017.06.027>
- Gruenwald, J. (2009). Novel botanical ingredients for beverages. *Clinics in Dermatology*, 27(2), 210-216. <https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2008.11.003>
- Hernández, A.B., Herrera-Arellano, A., Alvarez, A.Z., Rivas, T.O., García, M.M. (2009). Interés de la flor de hibisco en problemas cardiovasculares. *Revista de Fitoterapia*, 9(1), 25- 33.

- Juhász, L. (2011). Net present value versus internal rate of return. *Economics & Sociology*, 4(1), 46-53. <https://doi.org/10.14254/2071-789X.2011/4-1/5>
- Kung, B., Anderson, G.H., Paré, S., Tucker, A.J., Vien, S., Wright, A.J., & Goff, H.D. (2018). Effect of milk protein intake and casein-to-whey ratio in breakfast meals on postprandial glucose, satiety ratings, and subsequent meal intake. *Journal of Dairy Science*. 101, 1-14. PMID:30139624. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14419>
- Magalhães, K.T., Dragone, G., Pereira, G.V.M., Oliveira, J.M., Domingues, L., Teixeira, J.A., Silva, J.B. A., & Schwan, R.F. (2011). Comparative study of the biochemical changes and volatile compound formations during the production of novel whey-based kefir beverages and traditional milk kefir. *Food Chemistry*, 126(1), 249-253. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.012>
- Pinder, S., Walsh, P., Orndorff, M., Milton, E., & Trescott, J. (2017). The Future of Food: New Realities for the Industry, Dublin, Irlanda, 26p. Recovered from: https://www.accenture.com/us-en/_acnmedia/pdf-70/accenture-future-of-food-new-realities-for-the-industry.pdf
- Ramos, L.C.S., Pinho, C.L.C., Araújo, R.L., Cotrim, W.S., & Vidigal, M.C.T.R. (2016). Elaboração de bebida carbonatada a base de soro de leite fermentado e extrato de flor de hibisco (*Hibiscus Sabdariffa* L.). *Anais do XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 24 a 27 de outubro de 2016. – Gramado: SBCTA Regional, 2016. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/sbctars-eventos/xxvcbcta/anais/files/1121.pdf>>.
- Ridge, A., Devine, A., Lyons-Wall, P., Conlon, J., & Lo, J. (2018). The impact of whey protein supplementation in older adults on nutrient intakes and satiety over a 11-week exercise intervention. *Food Quality and Preference*. 68, 72-79. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.01.013>
- Souza, E.L. (2003). Especiarias: uma alternativa para o controle da qualidade sanitária e de vida útil de alimentos, frente às novas perspectivas da indústria alimentícia. *Revista Higiene Alimentar*, 113(17), 38-42.
- Vitrac, O., & Touffet, M. (2018). Food process modeling. *Reference Module in Food Science*, 1-21, 2018. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.22277-4>